

Universidad Pública de Navarra

Nafarroako Unibertsitate Publikoa

**ESCUELA TECNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS AGRONOMOS**

***NEKAZARITZAKO INGENIARIEN
GOI MAILAKO ESKOLA TEKNIKO***

**PROYECTO DE
JARDÍN VERTICAL EN LA FACHADA NORTE
DE LA BIBLIOTECA DE LA UNIVERSIDAD PÚBLICA DE NAVARRA
CAMPUS DE ARROSADIA PAMPLONA (NAVARRA)**

.....

presentado por

BEATRIZ PÉREZ BRAÑA

**GRADO EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y DEL MEDIO RURAL
*GRADUA NEKAZARITZAKO ELIKAGAIEN ETA LANDA INGURUNEAREN INGENIARITZAN***

JUNIO DE 2016

JARDÍN VERTICAL EN LA FACHADA NORTE DE LA BIBLIOTECA DE LA UPNA

Universidad Pública de Navarra

Nafarroako Unibertsitate Publikoa

**ESCUELA TECNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS AGRONOMOS**

*NEKAZARITZAKO INGENIARIEN
GOI MAILAKO ESKOLA TEKNIKO*

**PROYECTO DE
JARDÍN VERTICAL EN LA FACHADA NORTE
DE LA BIBLIOTECA DE LA UNIVERSIDAD PÚBLICA DE NAVARRA
CAMPUS DE ARROSADIA PAMPLONA (NAVARRA)**

.....

Contiene los siguientes documentos básicos:

- Índice general.
- Memoria.
- Anexos.
- Planos.
- Pliego de condiciones.
- Estado de mediciones.
- Presupuestos.

Autora: Beatriz Pérez Braña

Tutor del proyecto: Miguel Ángel Campo Bescós

JUNIO DE 2016

Universidad Pública de Navarra

Nafarroako Unibertsitate Publikoa

**ESCUELA TECNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS AGRONOMOS**

***NEKAZARITZAKO INGENIARIEN
GOI MAILAKO ESKOLA TEKNIKO***

**PROYECTO DE
JARDÍN VERTICAL EN LA FACHADA NORTE
DE LA BIBLIOTECA DE LA UNIVERSIDAD PÚBLICA DE NAVARRA
CAMPUS DE ARROSADIA PAMPLONA (NAVARRA)**

.....

**REALIZADO COMO TRABAJO FIN DE ESTUDIOS DEL
GRADO EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y DEL MEDIO RURAL
DE LA UNIVERSIDAD PÚBLICA DE NAVARRA**

DOCUMENTO 1

**ÍNDICE GENERAL
MEMORIA
ANEJOS**

Autora: Beatriz Pérez Braña

Tutor de proyecto: Miguel Ángel Campo Bescós

JUNIO DE 2016

AGRADECIMIENTOS

Cuando llegue a mi primer año de universidad desde Asturias sabía que el camino hasta el día de hoy no iba a ser fácil, atrás quedan cinco años de horas de estudio, academias, tutorías...

Pero creo que todo ese esfuerzo no hubiera tenido el mismo resultado si no hubiera contado siempre con el apoyo de los que me quieren.

Es curioso cómo, aunque una persona tenga las herramientas necesarias para llevar a cabo un proyecto, este, nunca llegue a materializarse a causa de una falta de motivación y apoyo, creer en uno mismo es esencial, pero también es importante que crean en ti.

Es por eso que quiero dedicar desde la primera, a la última página de este proyecto, primero, a mi madre, una luchadora incansable, de la que he aprendido a seguir siempre hacia adelante, dando lo mejor de ti misma y en segundo lugar a Manuel, por apoyarme, siempre en esta aventura y en todas las aventuras de la vida.

También me gustaría agradecer a Miguel Ángel Campo Bescós su ayuda en este proyecto y su paciencia en la recta final.

A María Jesús Vilas Carballo, por su ayuda para que todos y cada uno de los planos quedaran perfectos y su paciencia por tenerme cada viernes en su despacho.

El estudio de insolación adjunto en este proyecto no hubiera sido posible sin la ayuda de Ignacio García Ruíz, que me guió, en cómo plantearlo, de la forma más sencilla posible.

No quería dejar de agradecer también, a Rafael Giménez Díaz, por revisarme el proyecto en esos días finales, de nervios, por la inminente presentación.

Y como todo tiene un principio, no podría no agradecerse a Chus, mi profesor de implantación de jardines en Luces, el me sugirió el plantearme hacer esta carrera.

Finalmente, a la empresa Verdtical por facilitarme información acerca de cómo realizar un proyecto de este tipo.

Muchas gracias a todas y a todos y espero que os guste.

“Puedes llegar a cualquier parte, siempre que andes lo suficiente”. Lewis Carrol

Beatriz Pérez Braña

RESUMEN

En el presente proyecto se desarrolla el diseño de un jardín vertical en la fachada norte de la biblioteca de la Universidad Pública de Navarra, mediante cultivo hidropónico.

Se incluyen todos los procedimientos para su diseño e implantación y todos aquellos estudios previos, de iluminación de la fachada a lo largo del año, calidad del agua de riego, flora y fauna, climáticos que condicionan su realización, diseño y composición florística.

Así como los requeridos para el diseño del sistema de riego.

PALABRAS CLAVE

Jardín vertical, cultivo hidropónico, Jardín.

Universidad Pública de Navarra

Nafarroako Unibertsitate Publikoa

**ESCUELA TECNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS AGRONOMOS**

***NEKAZARITZAKO INGENIARIEN
GOI MAILAKO ESKOLA TEKNIKO***

**PROYECTO DE
JARDÍN VERTICAL EN LA FACHADA NORTE
DE LA BIBLIOTECA DE LA UNIVERSIDAD PÚBLICA DE NAVARRA
CAMPUS DE ARROSADIA PAMPLONA (NAVARRA)**

.....

**REALIZADO COMO TRABAJO FIN DE ESTUDIOS DEL
GRADO EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y DEL MEDIO RURAL
DE LA UNIVERSIDAD PÚBLICA DE NAVARRA**

DOCUMENTO 1.0

ÍNDICE GENERAL

Autora: Beatriz Pérez Braña

Tutor de proyecto: Miguel Ángel Campo Bescós

JUNIO DE 2016

ÍNDICE GENERAL

1. MEMORIA

1.	OBJETO.....	1
2.	ALCANCE.....	1
3.	ANTECEDENTES.....	2
4	NORMAS Y REFERENCIAS.....	10
5	DEFINICIONES Y ABREVIATURAS.....	12
6	REQUISITOS DE DISEÑO.....	13
7	ANÁLISIS DE SOLUCIONES.....	17
8	RESULTADOS FINALES.....	22
9	PLANIFICACIÓN.....	27
10	ORDEN DE PRIORIDAD ENTRE DOCUMENTOS FINALES.....	27

2. ANEJOS

ANEJO 1: ESTUDIO DE FLORA Y FAUNA DE LA UPNA.....	2
ANEJO 2: ESTUDIO DE INSOLACIÓN.....	12
ANEJO 3: ESTUDIO DE CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO.....	25
ANEJO 4: ESTUDIO CLIMÁTICO.....	35
ANEJO 5: ESTUDIO DE ALTERNATIVAS.....	40
ANEJO 6: SELECCIÓN DE ESPECIES.....	49
ANEJO 7: DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO.....	94

3. PLANOS

PLANO 1: PLANO GENERAL Y DE SITUACIÓN DEL PROYECTO

PLANO 2: PLANO DE SITUACIÓN ACTUAL

PLANO 3: PLANO DE DISEÑO

PLANO 4: PLANO DE DISTRIBUCIÓN DE LA VEGETACIÓN

PLANO 5: PLANO DE REPLANATEO DE CUADROS Y PERFILES

PLANO 6: PLANO DE DETALLES CONSTRUCTIVOS

PLANO 7: PLANO DE SISTEMA DE RIEGO Y DESGUE

PLANO 8: PLANO DE SALA DE RIEGO

PLANO 9: PLANO DE INSOLACIÓN

4. PLIEGO DE CONDICIONES

CAPITULO 0 PRELIMINAR DISPOSICIONES GENERALES.....	1
CAPITULO I CONDICIONES FACULTATIVAS.....	1
CAPITULO II CONDICIONES ECONÓMICAS.....	8
CAPITULO III: CONDICIONES TÉCNICAS PARTICULARES.....	17
EPIGRAFE 1º.: ACTUACIONES PREVIAS	17
ANEJO 1: PLIEGO DE CONCIONES TÉCNICAS PARTICULARES DEL SISTEMA PRV-2 VERDTICAL HIDROPONÍA.....	79
ANEJO 2: RELACIÓN DE NORMATIVA TÉCNICA DE APLICACIÓN EN LOS ENSAYOS Y EN LA EJECUCIÓN DE OBRAS.....	82

5. ESTADO DE MEDICIONES

CAPÍTULO 01 ACTUACIONES PREVIAS.....	1
CAPÍTULO 02 ALBAÑILERÍA.....	1
CAPÍTULO 03 INSTALACION SANEAMIENTO.....	3
CAPÍTULO 04 INSTALACIÓN DE RIEGO.....	4
SUBCAPÍTULO 04.01 TUBERÍAS Y DEPÓSITOS.....	4
SUBCAPÍTULO 04.02 VALVULERÍA Y AUTOMATIZACIÓN.....	4
CAPÍTULO 05 SISTEMA HIDROPONÍA Y PLANTACIÓN.....	6
CAPÍTULO 06 GESTIÓN DE.....	6
CAPÍTULO 07 CONTROL DE CALIDAD.....	6
CAPÍTULO 08 SEGURIDAD Y SALUD.....	7

6. PRESUPUESTOS

1. CUADRO DE PRECIOS.....	1
2. CUADRO DE DESCOMPUESTOS.....	8
3. PRESUPUESTO.....	21
4. RESUMEN DE PRESUPUESTO.....	29

Universidad Pública de Navarra

Nafarroako Unibertsitate Publikoa

**ESCUELA TECNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS AGRONOMOS**

*NEKAZARITZAKO INGENIARIEN
GOI MAILAKO ESKOLA TEKNIKO*

**PROYECTO DE
JARDÍN VERTICAL EN LA FACHADA NORTE
DE LA BIBLIOTECA DE LA UNIVERSIDAD PÚBLICA DE NAVARRA
CAMPUS DE ARROSADIA PAMPLONA (NAVARRA)**

.....

**REALIZADO COMO TRABAJO FIN DE ESTUDIOS DEL
GRADO EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y DEL MEDIO RURAL
DE LA UNIVERSIDAD PÚBLICA DE NAVARRA**

DOCUMENTO 1.1

MEMORIA

Autora: Beatriz Pérez Braña

Tutor del proyecto: Miguel Ángel Campo Bescós

JUNIO DE 2016

INDICE DE LA MEMORIA

1.	OBJETO	1
1.0	TÍTULO.....	1
1.1	OBJETIVO DEL PROYECTO	1
1.2	JUSTIFICACIÓN.....	1
2.	ALCANCE	1
3.	ANTECEDENTES	2
3.1	SITUACIÓN DE PARTIDA	2
3.1.1	HISTORIA	2
3.1.2	EMPLAZAMIENTO.....	3
3.1.3	ACESOS.....	4
3.1.4	FLORA Y FAUNA DE LA UPNA	4
3.1.5	CLIMATOLOGÍA.....	6
3.1.6	INSOLACIÓN.....	6
3.1.7	CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO	9
4	NORMAS Y REFERENCIAS	10
4.1	DISPOSICIONES LEGALES Y NORMAS APLICADAS.....	10
4.2	BIBLIOGRAFÍA.....	10
4.2	PROGRAMAS DE CÁLCULO	11
5	DEFINICIONES Y ABREVIATURAS	12
5.1	DEFINICIONES.....	12
5.2	ABREVIATURAS	12
6	REQUISITOS DE DISEÑO	13
6.1	GENERALES.....	13
6.1.1	SUMINISTRO DE AGUA	13
6.1.2	EVACUACIÓN DE AGUAS.....	13
6.1.3	SUMINISTRO ELECTRICO.....	13
6.1.4	TELECOMUNICACIONES	13
6.2	DERIVADOS DE LA LEGISLACIÓN Y NORMTIVA APLICABLE.....	13
6.2.2	CTE, PRESTACIONES DEL EDIFICIO.....	13
6.2.3	CTE, ESPECIFICACIONES DEL SISTEMA.	15
6.3	DERIVADOS DE LOS ESTUDIOS REALIZADOS	15
6.3.1	ESTUDIO DE FLORA Y FAUNA	15
6.3.2	ESTUDIO DE CLIMA.....	15
6.3.3	ESTUDIO DE INSOLACIÓN	15
6.3.4	CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO	15
6.4	DERIVADOS DE LOS REQUISITOS FUNCIONALES DEL EDIFICIO	16

6.4.1	UTILIZACIÓN.....	16
6.4.2	ACCESO A LOS SERVICIOS	16
7	ANÁLISIS DE SOLUCIONES.....	17
7.1	BENEFICIOS E INCONVENIENTES GENERALES DE LOS JARDINES VERTICALES	17
7.2	ALTERNATIVA 1, SITEMA F+P DE LA EMPRESA URBANARBOLISMO.	18
7.3	ALTERNATIVA 2, SISTEMA MSP:90 VERDTICAL.	18
7.4	ALTERNATIVA 3, SISTEMA PRV-2 VERTICAL HIDROPONÍA.	19
7.5	COMPARATIVA DE ALTERNATIVAS	20
8	RESULTADOS FINALES.....	22
8.1	ELECCIÓN DEL SISTEMA.....	22
8.2	EQUIPAMIENTO Y GESTIÓN DEL AGUA.....	22
8.3	ESPECIES EMPLEADAS Y DIPOSICIÓN.....	23
8.4	RESUMEN DE PRESUESTO	26
9	PLANIFICACIÓN	27
10	ORDEN DE PRIORIDAD ENTRE DOCUMENTOS FINALES	27

1. OBJETO

1.0 TÍTULO

Diseño e instalación de jardín vertical en la fachada norte del edificio de la biblioteca en la Universidad Pública de Navarra (Pamplona).

1.1 OBJETIVO DEL PROYECTO

El objeto principal del presente proyecto es el diseño, planificación e implantación de un vertical en la fachada norte de la biblioteca de la Universidad Pública de Navarra (UPNA, Pamplona).

Los objetivos secundarios perseguidos con su realización son:

- Mejora del bienestar y calidad del entorno universitario.
- Mejora paisajística del entorno.
- Mejora del comportamiento térmico del edificio.
 - Aislamiento térmico
 - Aislamiento acústico.
 - Protección frente a soleamiento.
 - Eficiencia energética.
- Contribución al aumento y mantenimiento de la biodiversidad del campus.
- Adecuación del edificio a las nuevas tecnologías de ingeniería bioclimática.

1.2 JUSTIFICACIÓN

El presente proyecto se desarrolla como proyecto fin de grado en Ingeniería Agroalimentaria y Medio Rural de la alumna Beatriz Pérez Braña, por solicitud de la UPNA.

2. ALCANCE

Con el presente proyecto se pretende diseñar, planificar e implantar un jardín vertical en la fachada norte de la biblioteca.

Para ello se realizará el diseño de la disposición de la perfilería y estructura portante del sistema hidropónico geotextil que servirá de soporte y sustrato para la vegetación, así como el sistema de riego, control telemático necesario para su funcionamiento y diseño de la disposición de la vegetación y necesidades de mantenimiento.

3. ANTECEDENTES

La primera impresión al llegar a la UPNA y traspasar el edificio del aulario es la impresionante visión de la biblioteca en su fachada noroeste.

Este edificio diseñado por Francisco Javier Sáenz de Oiza (Cáteda, Navarra 1918-Madrid 2000) y construido en el año 1990, se diseñó con el objeto de ser el corazón del “*estudio y cultivo del intelecto*” según palabras de su creador.

El edificio de planta rectangular y orientación Norte-Sur, se encuentra rematado por una espectacular bóveda de cañón de 20 metros de diámetro y cuyo perfil evoca un libro desplegado desde el que se proyecta “*la luz y el saber*”.

Sáenz de Oiza, buscó con su diseño crear una universidad para el siglo XXI, inspirándose para ello en el proyecto de E.L Boullé de 1784, para la Biblioteca Nacional de París. (*Crespo, 2001*).

Si bien es cierto, aunque sólo han transcurrido 31 años desde que Oiza imaginó su universidad del futuro, se han producido grandes cambios en la sociedad, que acompaña a este siglo, así como nuevos retos que afrontar.

Uno de los principales problemas actuales, es el gran aumento de la población, concentrado en los grandes núcleos urbanos. La creciente contaminación, ha dado lugar, en numerosas ocasiones, a paralizar o disminuir el tráfico en las grandes urbes como medida transitoria para paliar niveles de contaminación, incompatibles con la salud de sus habitantes.

Esto, unido a la masificación de la construcción, ha derivado, en que, los entornos urbanos nos alejen aún más de una naturaleza, cada vez más olvidada.

Fueron precisamente estas masificaciones urbanísticas, unidas a la cada vez mayor conciencia del cambio climático y a la aparición de nuevas generaciones de arquitectos, ingenieros, biólogos, paisajistas, profesores, etc. Que comenzara a dibujarse en el presente, una nueva fórmula para crear sociedades del futuro.

Cada vez, es más habitual términos como las smart cities, ciudades jardín, ciudad ecológica, huertos urbanos, cubiertas vegetales, jardines verticales y responden a una necesidad apremiante de acercamiento a la naturaleza, de crear entornos urbanos más acogedores y vivos, desde el punto de vista de la biodiversidad, de romper con la idea industrial de la ciudad y de modificar paulatinamente unos modelos industriales, arquitectónicos y de vida obsoletos.

En este marco los jardines verticales, surgen como segundas pieles de la edificación, como medio para aprovechar al máximo la escasa disponibilidad de terreno y dotar al entorno urbano de mayor naturalidad, con impactos positivos no solo a nivel visual sino también desde el punto de vista de la mejora del comportamiento térmico de los edificios y el cobijo de fauna y flora, que de otro modo no tendría lugar y cabida en los entornos urbanos.

3.1 SITUACIÓN DE PARTIDA

3.1.1 HISTORIA

Es el año 1987 cuando el Parlamento de Navarra crea la UPNA, solicitando a el arquitecto navarro Javier Sáenz de Oiza (Cáteda, Navarra 1918-Madrid 2000), la realización del diseño.

En el año 1989 comienzan las obras del edificio del Aulario y un año más tarde le siguen la construcción de la biblioteca y los edificios departamentales, hasta el momento de su puesta en marcha la docencia se imparte en el edificio del el Sario.

Es por tanto una universidad joven y pose en la actualidad campus en Pamplona y Tudela. Constituye el Campus Ibero de excelencia internacional junto con las universidades de Zaragoza, La Rioja y Lleida.

La actividad universitaria está centralizada en el Campus de Arrosadía, que cuenta con una superficie de 250.000 m², con un sistema de edificios departamentales que tiene como epicentro el edificio de la biblioteca (UPNA, 2016).

3.1.2 EMPLAZAMIENTO

La universidad pública de Navarra se encuentra ubicada al sur de la ciudad de Pamplona.

El campus de Arrosadía, que recibe el nombre del paraje en el que se sitúa, es el campus central de la UPNA y la biblioteca es su eje.

El lugar, en el que se ubica la universidad, está constituido por una plataforma de unas treinta hectáreas, explanadas en las laderas de la meseta de la ciudad y flanqueada, al este, por un desmonte que declina hacia la carretera de Tajonar y, al oeste, por un terraplén que termina en la ribera del río Sadar (UPNA, 2008)

El proyecto está ubicado en la fachada norte del edificio de la biblioteca, la cual tiene una orientación Norte-Sur.

La fachada se caracteriza por estar constituida en su parte rectangular inferior por un muro de hormigón visto de 40 cm de espesor, tipo HA-25 con una resistencia de 250 Kg/cm² y una superficie de 387,04 m².

La parte superior de la fachada se encuentra rematada por una cúpula abovedada de 20 m de diámetro, constituida por panel tipo sándwich y sustentada por viga tipo AE-42 con una resistencia de 2800 Kg/cm².



FIGURA 1: Imagen de la fachada norte de la biblioteca de la UPNA. **FUENTE:** UPNA

3.1.3 ACESOS

La zona de proyecto se encuentra orientada hacia la plaza central que comunica el edificio del aulario con la biblioteca y resto de edificios departamentales.

A ella se puede acceder a través de dos vías, transitables por personas y vehículos:

- La primera desde la Avenida de Cataluña que comunica con una vía de acceso rodado
- El segundo acceso se puede realizar desde el parking anexo al edificio de los Olivos con acceso desde la calle Tajonar y que da acceso a los edificios departamentales de Olivos, Pinos y Tejos.



FIGURA 2: Accesos y disposición de los edificios universitario. **FUENTE:** UPNA.

1. Aulario, 2. Biblioteca, 3. Cafetería, 4. Acebos, 5. Madroños, 6. Magnolios, 7. Encinas, 8. Tejos, 9. Pinos, 10. Olivos, 11. Mantenimiento, 12. Talleres y laboratorios, 13. Centro de, 14. Comedores, 15. Sóforas, 16. Rectorado, 17. El Sario, 18. Finca de prácticas, 19. Deportes, 20. IDAB, 21. ADITech, 22. Residencia universitaria.

3.1.4 FLORA Y FAUNA DE LA UPNA

El principal objetivo de realizar un estudio sobre las principales especies tanto de flora como de fauna presentes en el campus universitario, es en primer lugar determinar qué especies de flora se pueden encontrar, y con ello procurar completar y aumentar la diversidad florística e incorporar en la medida de lo posible un mayor número de especies autóctonas particulares de la Comunidad Foral Navarra, que pueden adaptarse a su crecimiento en una fachada vertical, y también especies específicas de la Cornisa Cantábrica, con el fin de crear un ecosistema vertical completo y no un simple jardín ornamental.

En segundo lugar, se pensó en la importancia de la fauna en los ecosistemas, es por ello que se creyó necesario incorporar un pequeño estudio sobre la diversidad faunística del campus en incorporar en el proyecto nidales y especies de flora que contribuyeran al mantenimiento y aumento de las especies presentes.

El complejo universitario está constituido por seis itinerarios en los que se pueden encontrar 89 especies y variedades arbóreas distintas y una decena de especies arbustivas relevantes.

El ajardinamiento de las zonas verdes del campus y de la Finca de Prácticas fueron realizados según el proyecto de Daniel Rodés Navarro, Doctor en Biología e Ingeniero Agrícola que diseñó el complejo atendiendo a tres propósitos, el primero que el ajardinamiento acompañara ornamentalmente a los edificios de Sáez de Oiza, en segundo lugar crear un espacio de recreo y encuentro al aire libre y por último ofrecer una amplia representación de variedades arbóreas, algunas exóticas y susceptibles de adaptarse a clima de Pamplona.

El suelo sobre el que se asienta la universidad está constituido por margas eocenas calizas, las cuales son características de la cuenca de Pamplona, donde son conocidas como tufa o tufarro.

Este suelo se caracteriza por ser impermeable, muy plástico y poco apto para cultivos a excepción del cereal, el cual puede ser cultivado en suelos poco profundos.

Todo ello obligó a que cada árbol fuera plantado en un hoyo de metro y medio cúbico especialmente cavado en la marga. Posteriormente todos los hoyos fueron conectados por una extensa red de drenaje.

Las zonas de césped crecen sobre una capa de tierra de veinte centímetros. La tierra empleada procede de la Magdalena, un paraje de afamadas huertas ubicado al noreste de la ciudad, en la otra ribera del río Arga. (UPNA,2008).

El campus se encuentra dividido en seis itinerarios en los que se representa tipologías estilos de jardín y jardines de cinco continentes. Así diferenciamos según la clasificación realizada por la Guía Campus verde de la UPNA:

- Aulario
- Parques Asia y Europa.
- Un parque inglés.
- El rectorado.
- El parque de Navarra.
- América, África y Oceanía.

Las especies de flora descritas, así como la disposición de los jardines resulta determinante en la presencia de la fauna en el recinto universitario, que se encuentra caracterizada principalmente por pequeñas aves.

El estudio sobre fauna de la UPNA, realizado por la universidad se encuentra recogido en un pequeño libro *Guía de aves de la Universidad Pública de Navarra*, realizado por la Sociedad de Ciencia Naturales de Gorosti entre los años 2012-2013 y que sirve de base para este estudio faunístico.

Para la realización de dicho estudio, el espacio universitario se dividió en 10 sectores de observación, desde ellos se pudieron observar 695 ejemplares agrupados en 58 especies. De ellas 46 forman parte del orden de los passeriformes, 3 columbiformes, 3 accipitriformes, 2 falconiformes, 1 piciforme, 1 charadriiforme, 1 anseriforme y 1 apodiforme.

El estudio revela que las áreas con mayor presencia de avifauna son las correspondientes al parque de Navarra y un parque inglés situado en la parte trasera del edificio de Los olivos, la causa, según detalla Gonzalo Deán de Oroz, autor del estudio, es una mayor cobertura arbórea y de un carácter más silvestre, refiriéndose al parque de Navarra. Las causas de mayor presencia en un parque inglés, explica que se basan en una mayor riqueza arbórea con presencia de árboles caducos y perennes y la conjunción de diversos hábitats que se dan en el sector.

Todas las especies observadas son clasificadas en tres tipologías, en función de su presencia, así encontramos aves con mayor presencia, con presencia relevante y de menor presencia.

Par más información acerca de la flora y fauna del campus universitario consultar *ANEJO 1, Flora y fauna de la Upna*.

3.1.5 CLIMATOLOGÍA

Para la elaboración del presente estudio climático se han tomado los datos de la estación manual Pamplona MAN (*Gobierno de Navarra, 2016*), situada en la ciudad de Pamplona y con las siguientes referencias:

- Coordenadas UTM 30
 - Latitud: 4741482.
 - Longitud: 611310.
- Altitud: 450 m.
- Periodo de precipitación: 1880-2014.
- Periodo de temperatura: 1880-2014

El proyecto está situado en la ciudad de Pamplona, la cual se encuentra situada en la denominada zona media de Navarra, desde el punto de vista climático.

Esta área central de Navarra está formada por las cuencas prepirenaicas de Pamplona y Aoiz-Lumbier y el tramo más bajo de los valles pirenaicos.

En ella se dan climas de transición entre el oceánico del norte y el mediterráneo de la zona sur de la Comunidad.

La zona objeto de estudio se encuentra situada en el área comprendida por el tramo bajo de los valles pirenaicos y las cuencas prepirenaicas de Pamplona y Aoiz-Lumbier, exceptuando su extremo sur. Esta área se caracteriza por tener un clima de tipo marítimo de costa occidental Cf2b con dos meses relativamente secos, según la clasificación de Köppen.

Este clima oceánico se caracteriza, por ser de tipo templado con veranos frescos y dos meses secos. Las lluvias se encuentran repartidas a lo largo del año por lo que no se da una estación seca. Aunque se pueden encontrar meses en los que las precipitaciones (P) son dos veces inferiores a las temperaturas (T) $P < 2T$.

Nos encontramos, por tanto, ante un clima de transición entre el clima Oceánico, en los que no hay meses secos y el clima Mediterráneo.

Según la clasificación de Papadakis esta área se encuentra englobada dentro del grupo climático Mediterráneo templado (húmedo), con un invierno de tipo avena (Av) y un verano tipo Maíz (m). Presenta un régimen hídrico mediterráneo húmedo (ME), cuya fórmula climática es AvMME.

Para una información más ampliada consultar el *ANEJO 4, Estudio climático*.

3.1.6 INSOLACIÓN

La real academia de la lengua define insolación como la cantidad de radiación solar que es recibida por un plano.

Para la determinación la insolación sobre la fachada se ha calculado la iluminancia recibida por la superficie. Para ello se han tomado diez puntos de control en donde se han recogido los datos para realizar el estudio de iluminancia por estaciones.

En la figura siguiente se muestra la disposición de los puntos de control.

:

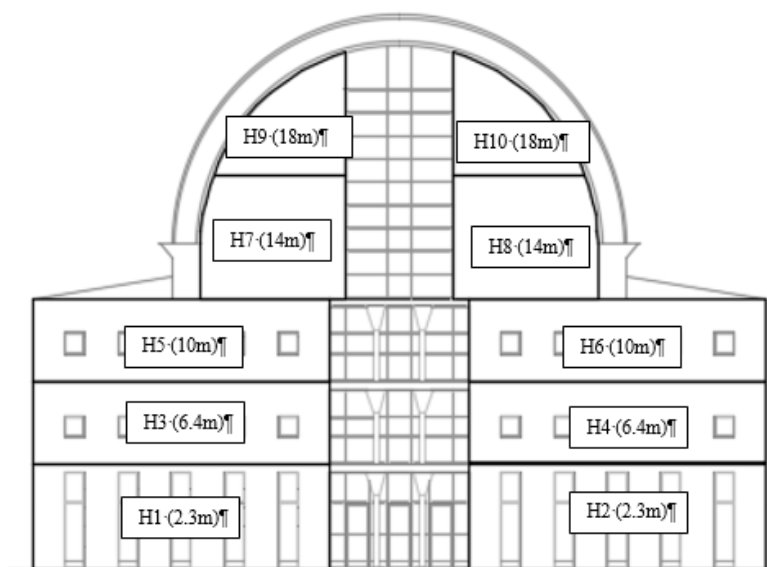


FIGURA 3: Disposición de los puntos de control.

A continuación, se resumen los datos obtenidos para cada punto de muestreo:

En el punto H1, el periodo que más horas de sol directo presenta es en verano con 4 h de sol directo. Es en este periodo cuando se recoge el mayor valor de iluminancia directa con 48870.48 lx, en el mes de junio y también es en este mismo, mes cuando se recoge el mayor de iluminancia global (directa + difusa+ reflejada) con 60415.54 lx.

El pico de iluminancia total se alcanza verano con 13284 lx (intensidad lumínica media) y el mínimo en invierno con 3518.43lx (intensidad lumínica baja).

En el punto H2, el periodo que más horas de sol directo presenta es en verano con 4 h de sol directo. Es en este periodo cuando se recoge el mayor valor de iluminancia directa con 48870.48 lx, en el mes de junio y también es en este mismo, mes cuando se recoge el mayor valor de iluminancia global (directa + difusa+ reflejada) con 60415.54 lx.

El pico de iluminancia total se alcanza verano con 13284.71 lx (intensidad lumínica media) y el mínimo en invierno con 3494.16 lx (intensidad lumínica baja).

En el punto H3, el periodo que más horas de sol directo presenta es en verano con 4 h de sol directo. Es en este periodo cuando se recoge el mayor valor de iluminancia directa con 48870.48 lx, en el mes de junio y también es en este mismo, mes cuando se recoge el mayor valor de iluminancia global (directa + difusa+ reflejada) con 60415.54 lx.

El pico de iluminancia total se alcanza verano con 13284.71 lx (intensidad lumínica media) y el mínimo en invierno con 3518.43 lx (intensidad lumínica baja).

En el punto H4, el periodo que más horas de sol directo presenta es en verano con 4 h de sol directo. Es en este periodo cuando se recoge el mayor valor de iluminancia directa con 48870.48 lx, en el mes de junio y también es en este mismo, mes cuando se recoge el mayor valor de iluminancia global (directa + difusa+ reflejada) con 60415.54 lx.

El pico de iluminancia total se alcanza verano con 13284.71 lx (intensidad lumínica media) y el mínimo en invierno con 3518.43 lx (intensidad lumínica baja).

En el punto H5, el periodo que más horas de sol directo presenta es en verano con 5 h de sol directo. Es en este periodo cuando se recoge el mayor valor de iluminancia directa con 48870.48 lx, en el mes de junio y

también es en este mismo, mes cuando se recoge el mayor valor de iluminancia global (directa + difusa+ reflejada) con 60415.54 lx.

El pico de iluminancia total se alcanza verano con 14216,206 lx (intensidad lumínica media) y el mínimo en invierno con 3518.43 lx (intensidad lumínica baja).

En el punto H6, el periodo que más horas de sol directo presenta es en verano con 5 h de sol directo. Es en este periodo cuando se recoge el mayor valor de iluminancia directa con 48870.48 lx, en el mes de junio y también es en este mismo, mes cuando se recoge el mayor valor de iluminancia global (directa + difusa+ reflejada) con 60415.54 lx.

El pico de iluminancia total se alcanza verano con 14216,206 lx (intensidad lumínica media) y el mínimo en invierno con 3518.43 lx (intensidad lumínica baja).

En el punto H7, el periodo que más horas de sol directo presenta es en verano con 5 h de sol directo. Es en este periodo cuando se recoge el mayor valor de iluminancia directa con 48870.48 lx, en el mes de junio y también es en este mismo, mes cuando se recoge el mayor valor de iluminancia global (directa + difusa+ reflejada) con 60415.54 lx.

El pico de iluminancia total se alcanza verano con 14216,206 lx (intensidad lumínica media) y el mínimo en invierno con 3518.43 lx (intensidad lumínica baja).

En el punto H8, el periodo que más horas de sol directo presenta es en verano con 5 h de sol directo. Es en este periodo cuando se recoge el mayor valor de iluminancia directa con 48870.48 lx, en el mes de junio y también es en este mismo, mes cuando se recoge el mayor valor de iluminancia global (directa + difusa+ reflejada) con 60415.54 lx.

El pico de iluminancia total se alcanza verano con 14216,206 lx (intensidad lumínica media) y el mínimo en invierno con 3518.43 lx (intensidad lumínica baja).

En el punto H9, el periodo que más horas de sol directo presenta es en verano con 5 h de sol directo. Es en este periodo cuando se recoge el mayor valor de iluminancia directa con 48870.48 lx, en el mes de junio y también es en este mismo, mes cuando se recoge el mayor valor de iluminancia global (directa + difusa+ reflejada) con 60415.54 lx.

El pico de iluminancia total se alcanza verano con 14216,206 lx (intensidad lumínica media) y el mínimo en invierno con 3518.43 lx (intensidad lumínica baja).

En el punto H10, el periodo que más horas de sol directo presenta es en verano con 5 h de sol directo. Es en este periodo cuando se recoge el mayor valor de iluminancia directa con 48870.48 lx, en el mes de junio y también es en este mismo, mes cuando se recoge el mayor valor de iluminancia global (directa + difusa+ reflejada) con 60415.54 lx.

El pico de iluminancia total se alcanza verano con 14216,206 lx (intensidad lumínica media) y el mínimo en invierno con 3518.43 lx (intensidad lumínica baja).

De forma general la fachada objeto de estudio, durante las estaciones de primavera, verano y parte del otoño, se encontraría clasificada dentro del tipo de intensidad media con un nivel entre los 400 y 20000 lux.

A este tipo de intensidad lumínica pueden adaptarse todo tipo de plantas desde las de sombra, semisombra y las de sol, que no presenten una exposición a pleno sol.

Por el contrario, los meses invernales se encontrarían dentro del tipo de intensidad baja. Característica de plantas de sombra parcial y total.

Es por ello que la selección de planta será una combinación de plantas de sombra y media sombra con algunas especies seleccionadas de sol, pero que no precisen una exposición directa.

Para ampliar los datos sobre el estudio de soleamiento consultar el *ANEJO 2, Estudio de soleamiento*.

3.1.7 CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO

El agua que abastecerá el sistema de fertirrigación procederá de la red general de abastecimiento de la Mancomunidad de la Comarca de Pamplona.

La analítica ha sido realizada por la propia Mancomunidad, tomándose la muestra en el punto 364- Arrosadía, el cual es el representativo del agua de abastecimiento de todo el Campus Universitario.

Los envases empleados para el muestreo han sido de dos tipos:

Botella de vidrio topacio de 1 Litro (No preservada)

Botella de vidrio transparente de 1 Litro (Preservada con Tiosulfato sódico).

Análisis realizado en ENAC ENSAYOS N° 212/LE/463, para Mancomunidad Comarca de Pamplona, Servicios de la comarca de Pamplona s.a.

A continuación, se recogen los datos obtenidos empleando para su interpretación las directrices de la FAO, se exponen en formato tabla, para facilitar su visualización:

TABLA 1: Clasificación del agua muestreada según directrices de la FAO.

PROBLEMA POTENCIAL	VALOR	GRADO DE RESTRICCIÓN
pH	7.8	Moderado
Conductividad eléctrica (CE)	0.309 dS/L	Ninguna restricción
Contenido de sales (C)	0.198 g/L	Ninguna restricción
Cloruro	0.013 g/L	Ninguna restricción
Potasio	5.8 mg/L	Ninguna restricción
Sodio	6.4*10 ⁻³ g/L	Ninguna restricción.
Sulfato	9.4 mg/L	Ninguna restricción
Relación de absorción de sodio (RAS)	0.219 meq/L	Ninguna restricción
Dureza	16 °F	Medianamente dulce
Toxicidad		
	VALOR	GRADO DE RESTRICCIÓN
Sodio		
Riego por superficie (RAS)	0.219 meq/L	Ningún grado de restricción
Riego por aspersión (meq/L)	0.278 meq/L	Ningún grado de restricción
Cloro		
Riego por superficie (meq/L)	0.013 g/L	Ningún grado de restricción
Riego por aspersión (meq/L)	0.013 g/L	Ningún grado de restricción
Boro	0.05 mg/L	Ningún grado de restricción
Nitrógeno	3.2 mg/L	Ningún grado de restricción

Por lo tanto, podemos considerar que es un agua de muy buena calidad que no presenta ningún tipo de restricción para su empleo en fertirrigación.

Par mayor información sobre a calidad del agua de riego empleada consultar *ANEJO 3, Estudio de calidad del agua de riego.*

4 NORMAS Y REFERENCIAS

4.1 DISPOSICIONES LEGALES Y NORMAS APLICADAS

La planificación y redacción de este proyecto se ha realizado siguiendo la siguiente normativa aplicable:

- **Normativa general.**
 - UNE 157001/2002, criterios generales para la elaboración de proyectos.
 - UNE-1027:1995. Dibujos técnicos. Plegado de planos.
- **Cumplimiento del CTE.**
 - El presente proyecto cumple el Código Técnico de la Edificación, satisfaciendo la exigencia básica para cada uno de los requisitos básicos de `Seguridad estructural`, `Seguridad en caso de incendio`, `Seguridad de utilización y accesibilidad`, `Higiene, salud y protección del medio ambiente`, `Protección frente al ruido` y `Ahorro de energía y aislamiento térmico`, establecidos en el artículo 3 de la Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación.
 - Así como el Real Decreto 314/2006. De 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la edificación Parte 2. Documento Básico de Seguridad estructural Fábrica DB-SE-F, aplicado al sistema empleado.
 - Real Decreto-ley 1/1998, de 27 de febrero, sobre infraestructuras Comunes de Telecomunicación
- **Normativa aplicable al sistema de riego.**
 - ISO-9912 “Agricultural irrigation equipment. Filters”.
 - UNE-EN-13244. “Sistemas de canalización en materiales plásticos, enterrados o aéreos, para suministro de agua, en general y saneamiento a presión, Polietileno (PE).
 - ISO-15081 “Irrigation equipment. Graphic symbols for pressurized irrigation systems”.
 - UNE-EN-12056. Sistemas de desagüe por gravedad en el interior de edificios. Parte 3: Desagüe de aguas pluviales de cubiertas, diseño y cálculo.

4.2 BIBLIOGRAFÍA

La bibliografía empleada en los anejos se encuentra detallada dentro del propio documento de anejos.

- **Libros**
 - L. de Garrido. (2011). Green in Green. Barcelona: Monsa.
 - G. Minke. (2012). Muros y fachadas verdes. Jardines verticales. Barcelona: Icaria Bioarquitectura.
 - Barbara W. Ellis. (2001). Perennials. Singapur: Houghton mifflin.
 - G. Deán. (2014). Guía de aves de la Universidad Pública de Navarra. Navarra: Universidad Pública de Navarra.
 - Bértolo, A., Almingol, C. Berasategui, G., Alfaro, I., Ardanaz, J., & Soria, P. (2008). Atlas de las aves de Pamplona. Navarra: Ayuntamiento de Pamplona.
 - C. Lang. (2002). Encyclopedia of plants & flowers. United States: DK Publishing.
 - Upna. (2008). Campus verde. Guía de la vegetación de la Universidad Pública de Navarra: Universidad Pública de Navarra.

- **Web**

- G. Crespo (2015). *Sáez de Oiza*. El país. Sitio web: www.elpais.es
- UPNA. Conocer la universidad. Sitio web: www.unavarra.es
- Akira Hoyano, (2014) Beneficios ambientales de los jardines verticales profesor del Tokyo Institute of Technology. Sitio web: <http://abdielags.wix.com/jardinesverticales2#!beneficios/cps2>
- Verdtical Ecosistema S.L. (2013). Memoria técnica sistema; PRV-2 Verdtical Hidroponía. Marzo15,2015, de Verdtical Ecosistemas S.L Sitio web: <http://www.verdtical.com/sistema-prv-2/>
- Verdtical Ecosistema S.L. (2013). Pliego de condiciones técnicas particulares; PRV-2 Verdtical Hidroponía. Marzo18,2015, de Verdtical Ecosistemas S.L Sitio web: <http://www.verdtical.com/sistema-prv-2/>
- Verdtical Ecosistema S.L. (2013). Memoria técnica sistema; MSP-90 Verdtical. Marzo15,2015, de Verdtical Ecosistemas S.L Sitio web: <http://www.verdtical.com/sistema-prv-2/>
- Verdtical Ecosistema S.L. (2013). Pliego de condiciones técnicas particulares; MSP-90 Verdtical. Marzo18,2015, de Verdtical Ecosistemas S.L Sitio web: <http://www.verdtical.com/sistema-prv-2/>
- Urbanarbolismo. (2012). Proyecto de ejecución de obras de acondicionamiento térmico y acústico de las fachadas sur, este y norte, mediante una solución vegetal, del Palacio de congresos Europa, sito en la Avenida Gasteiz Nº 85, en Vitoria Gasteiz. Marzo15,2015, de Urbanarbolismo. Sitio web: <http://www.urbanarbolismo.es/blog/fachada-vegetal-del-palacio-de-congresos-de-vitoria-gasteiz/>
- Urbanarbolismo & Unusualgreen. (2012). Memoria técnica sistema F+P. Marzo15,2015, de Urbanarbolismo & Unusualgreen. Sitio web: <http://www.urbanarbolismo.es/blog/fachada-vegetal-del-palacio-de-congresos-de-vitoria-gasteiz/>
- Urbanarbolismo & Unusualgreen. (2012). Pliego de condiciones técnicas particulares sistema de ajardinamiento vertical F+P. Marzo15,2015, de Urbanarbolismo & Unusualgreen. Sitio web: <http://www.urbanarbolismo.es/blog/fachada-vegetal-del-palacio-de-congresos-de-vitoria-gasteiz/>
- D. Martínez. (2016). Biblioteca de la Universidad Pública de Navarra. Marzo12,2016, de David Martínez. Sitio web: <https://www.flickr.com/photos/dvidm/24421183376/>
- Aguirre. Beneficios de los jardines verticales. Marzo12,2016, de Academia. Sitio web: <http://www.academia.edu/6323319/Beneficios>
- Azkorra, Z., Pérez, G., Coma J., Cabeza L.F., Bures J.E., Erkoreka A. & Urrestarazu. (2015). Evaluation of green walls as a passive acoustic insulation system for buildings. Julio 25,2015, de ELSEVIER Sitio web: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003682X14002333>
- Portela JM., Viguela J.L., Pastor A., Huerta M.M. & Otero M. (2010). La certificación LEED, como cumplir con un conjunto de normas para la sostenibilidad en el proyecto de ingeniería. Marzo 14, 2016, de Asociación española de ingeniería mecánica. XVII Congreso nacional de ingeniería mecánica Sitio web: <http://www.uclm.es/actividades/2010/CongresoIM/pdf/cdarticulos/225.pdf>
- Datos de estaciones meteorológicas manuales (2015). Mayo4,2016. Sitio web: www.navarra.es
- Aguirre. *Beneficios de los jardines verticales*. Marzo12,2016, de Academia. Sitio web: <http://www.academia.edu/6323319/Beneficios>

4.2 PROGRAMAS DE CÁLCULO

- Microsoft Word.
- Microsoft Excel.
- AutoCAD 2016.
- Presto 8.8

5 DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

5.1 DEFINICIONES

- Hidroponía: Método de cultivo que emplea disoluciones minerales en lugar de suelo agrícola.
- Envoltente: Cerramientos del edificio que separan los recintos habitables del ambiente exterior y las particiones interiores que separan los recintos habitables de los no habitables que a su vez estén en contacto con el ambiente.
- Proyecto: conjunto de documentos, modelos o maquetas, en soporte físico, lógico u otro, que tiene como objetivo la definición y la valoración de las características de un producto, obra, instalación, servicio o software.
- Diagrama ombrotérmico: diagrama en el que se representan las precipitaciones.
- mesh: Unidad de medida de granulometría.

5.2 ABREVIATURAS

- P: Precipitación
- T: Temperatura.
- h: Hora
- lx: Luxes.
- UPNA: Universidad pública de Navarra.
- m: Metros.
- m²: Metros cuadrados.
- cm²: Centímetros cuadrados.
- Kg: Kilogramos.
- HA-25: Hormigón con resistencia de resistencia de 250 Kg/cm².
- AE-42: Tipo de acero estructural con resistencia de una resistencia de 2800 Kg/cm².
- UTM30: Sistema universal transversal de coordenadas trasversal uso 30.
- mm: Milímetros.
- l: Litros.
- PE: Polietileno.
- PEB: Polietileno de baja densidad.
- Upna: Universidad Pública de Navarra.

6 REQUISITOS DE DISEÑO

Para la realización del presente apartado se ha empleado como referencia: el documento de Urbanarbolismo (2012).

6.1 GENERALES

Servicios necesarios para su correcto funcionamiento.

6.1.1 SUMINISTRO DE AGUA

Se dispone de acometida de abastecimiento de agua que cumple los requisitos necesarios para ser empleada para riego.

Se dispondrá un depósito de 1000 L que abastecerá el jardín vertical y dispositivos de filtración y limpieza de aguas sobrantes con objeto de realizar un circuito cerrado de reutilización de agua de riego.

6.1.2 EVACUACIÓN DE AGUAS

Existe red de saneamiento disponible para su conexionado a una distancia de 2m del depósito de riego.

6.1.3 SUMINISTRO ELECTRICO

Se dispone de suministro eléctrico con potencia suficiente para la previsión de carga total de la obra proyectada.

6.1.4 TELECOMUNICACIONES

Se dispone de infraestructura externa necesaria para el acceso a los servicios de telecomunicación regulados por la normativa vigente.

6.2 DERIVADOS DE LA LEGISLACIÓN Y NORMTIVA APLICABLE

6.2.2 CTE, PRESTACIONES DEL EDIFICIO.

6.2.2.1 SEGURIDAD ESTRUCTURAL (DB SE)

- Resistir todas las acciones e influencias que pueden tener lugar durante la ejecución y uso, con una durabilidad apropiada en relación a los costes de mantenimiento.
- Evitar deformaciones inadmisibles, limitando a niveles aceptables la probabilidad de un comportamiento dinámico y degradaciones o anomalías admisibles.
- Conservar en buenas condiciones para el uso al que se destina, teniendo en cuenta su vida en servicio y su coste
- La obra no supone ninguna sobre carga que no admita la propia estructura del edificio.

6.2.2.2 SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO (DB)

- El edificio tiene fácil acceso a los servicios de bomberos. El espacio exterior inmediatamente próximo al edificio cumple las condiciones suficientes para la intervención de los servicios de extinción.
- No se producen incompatibilidades de uso.
- La estructura portante se ha dimensionado para que pueda mantener su resistencia al fuego durante el tiempo necesario, con el objeto de que se puedan cumplir las anteriores prestaciones.
- No se ha proyectado ningún tipo de material que por su baja resistencia al fuego, combustibilidad o toxicidad pueda perjudicar la seguridad del edificio o la de sus ocupantes.

6.2.2.3 SEGURIDAD DE UTILIZACIÓN Y ACCESIBILIDAD

- Los elementos fijos del edificio se han diseñado para limitar el riesgo de que los usuarios puedan sufrir impacto o atrapamiento.
- En las zonas de tránsito de vehículos, se ha realizado un diseño adecuado para limitar el riesgo causado por vehículos en movimiento.
- Existen previa a la obra instalaciones de protección contra el rayo.

6.2.2.4 SALUBRIDAD

- Se han dispuesto los medios que impiden la penetración de agua o, en su caso, permiten su evacuación sin producir daños, con el fin de limitar el riesgo de presencia inadecuada de agua o humedad en el interior de los edificios y en sus cerramientos como consecuencia del agua procedente de precipitaciones atmosféricas, escorrentías, condensación y del propio jardín vertical.
- El edificio dispone de espacios y medios para extraer los residuos ordinarios generados de forma acorde con el sistema público de recogida de tal forma que se facilite la adecuada separación en origen de los mismos, su recogida selectiva y su posterior gestión.
- El elemento proyectado dispone de los medios adecuados para extraer las aguas residuales generadas en ellos de forma independiente o conjunta con las precipitaciones atmosféricas y las escorrentías.

6.2.2.5 PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO

- Los elementos constructivos que conforman el presente proyecto, poseen unas características acústicas adecuadas para reducir la transmisión del ruido aéreo, ruido de impactos y vibraciones, así como limitar el ruido reverberante.
- El comportamiento acústico de los materiales de la fachada vegetal es el siguiente:
 - Aislamiento acústico del jardín vertical 23.9 Dba.
 - Coeficiente de absorción 0.67

6.2.2.6 AHORRO DE ENERGÍA Y AISLAMIENTO TÉRMICO

- Se ha proyectado una envolvente de características tales que limita adecuadamente la demanda energética necesaria para alcanzar el bienestar térmico en función del clima de la localidad, del uso del edificio y del régimen verano-invierno, así como por sus características de aislamiento e inercia, permeabilidad al aire y exposición a la radiación solar, reduce el riesgo de aparición de humedades de condensación superficiales e intersticiales que pueden perjudicar sus características y tratando adecuadamente los puentes térmicos para limitar las pérdidas o ganancias de calor y evitar problemas higrotérmicos en los mismos.

- Comportamiento térmico de la facha vegetal:

TABLA 2: Comportamiento térmico de la fachada vegetal. **FUENTE:** Verdical Ecosistema S.L. (2013) y Urbanarbolismo. (2012)

Material	Conductividad (W/m.k)	Espesor (m)	Resistencia (m ² K/W)	%
Cámara de aire			0.150	100
Tejido no tejido, Geotextil	0.0600	0.0060	0.100	100
Capa de vegetación. Tepes de <i>Sedum sp</i>	0.1200	0.0700	0.583	100
Polietileno	0.028		0.71	100
TOTAL			1.543	

A esta resistencia térmica se le suma la capacidad de enfriamiento por evapotranspiración en verano, lo cual mejora sensiblemente el comportamiento térmico ante temperaturas elevadas y el efecto sombra que ejerce la vegetación sobre la fachada.

6.2.3 CTE, ESPECIFICACIONES DEL SISTEMA.

En la que se verifica el cumplimiento del Real Decreto 314/2006. De 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la edificación Parte 2. Documento Básico de Seguridad estructural Fábrica DB-SE-F, de seguridad estructural de muros resistentes en la edificación realizados a partir de piezas relativamente pequeñas, comparadas con las dimensiones de los elementos y en el que se establecen las condiciones tanto para los elementos de fábrica sustentante, la que forma parte la estructura general del edificio, como para los elementos de fábrica sustentada, destinada a soportar las acciones directamente sobre ellas, y que debe transmitir a la estructura general.

6.3 DERIVADOS DE LOS ESTUDIOS REALIZADOS

6.3.1 ESTUDIO DE FLORA Y FAUNA

Para la elección de las especies seleccionadas se han evitado aquellas incluidas en el catálogo de plantas alóctonas invasoras reales y potenciales en la Comunidad Foral Navarra.

Se ha buscado potenciar especies autóctonas y que fueran beneficiosas para la avifauna del campus.

6.3.2 ESTUDIO DE CLIMA.

Condiciona el tipo de especies a emplear en el jardín vertical y el diseño del sistema de riego.

6.3.3 ESTUDIO DE INSOLACIÓN

Condiciona el tipo de especies a emplear y su disposición en la fachada.

6.3.4 CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO

Para la realización del presente estudio se han seguido las directrices determinadas por la FAO, que determina la calidad del agua de riego.

En función de estos criterios se puede determinar que no existe ningún de limitación y que la calidad de la misma es buena.

6.4 DERIVADOS DE LOS REQUISITOS FUNCIONALES DEL EDIFICIO

6.4.1 UTILIZACIÓN

- Las superficies y las dimensiones de las dependencias se ajustan a los requisitos de las instalaciones del jardín vertical, cumpliendo los mínimos establecidos por las normas de habitabilidad vigentes.
-

6.4.2 ACCESO A LOS SERVICIOS

- Se ha proyectado la fachada de modo que se garantizan los servicios de telecomunicación (conforme al Real Decreto-ley 1/1998, de 27 de febrero, sobre infraestructuras Comunes de Telecomunicación, así como de telefonía y audiovisuales.

7 ANÁLISIS DE SOLUCIONES

Debido a las características particulares tanto de la climatología de Pamplona, como las características de la fachada se tuvieron en cuenta tres posibles tipologías de sistemas para realizar la implantación del jardín vertical.

7.1 BENEFICIOS E INCONVENIENTES GENERALES DE LOS JARDINES VERTICALES

A continuación, se detallan las ventajas que presentan estas envolventes, en la edificación, las personas y entorno en el que se sitúan:

Desde el punto de vista de la edificación.

- Mejora del comportamiento térmico del edificio: aislamiento térmico, acústico, protección frente a soleamiento.
- Mejora de la eficiencia energética del edificio.
- Adecuación del edificio a las nuevas tecnologías de ingeniería bioclimática.
- Reducción de hasta 5°C la temperatura interior de un edificio durante el verano, así como la mantienen en invierno, suponiendo un ahorro de hasta 500€/m² al año. (*Akira Hoyano, 2014*)
- Revalorización de los edificios.
- Posibilidad de solicitar certificaciones tipo LEED. (*Portela et al, 2010*).

Desde el punto de vista paisajístico.

- Mejora paisajística del entorno
- Disminución del impacto visual de las edificaciones e infraestructuras.
- Naturalización de los edificios e infraestructuras.

Desde el punto de vista social y la salud de las personas.

- Mejora del bienestar y calidad del entorno universitario.
- Disminución del stress.
- Mejora de los entornos laborales.
- Reducción de hasta 15 decibelios la contaminación sonora. (*Azkorra et al, 2015*).

Desde el punto de vista medio ambiental.

- 1m² de cobertura vegetal genera el oxígeno requerido por una persona durante un año. (*Aguirre, 2016*)
- Un edificio de 4 plantas con aproximadamente una superficie ajardinada de 60m², es capaz de filtrar 40 toneladas de gases nocivos. (*Aguirre, 2016*)
- Un edificio de 4 plantas con aproximadamente una superficie ajardinada de 60m², es capaz de atrapar y procesar 15Kg de metales pesados. (*Aguirre, 2016*)
- 1m² de cobertura vegetal atrapa 130 gramos de polvo por año.
- Ahorro de agua y uso eficiente de la misma, estableciendo circuitos cerrados de retorno de lixiviados.

A continuación, se detallan los inconvenientes que puede suponer la implantación de jardines verticales en las edificaciones y su entorno:

- Coste de implantación.
- Costes de mantenimiento.
- Lixiviados, cuando no se realiza un correcto tratamiento y reutilización de las aguas residuales.
- Infiltraciones y humedades, a causa de una insuficiente o inadecuada impermeabilización de fachada.
- La inadecuada elección del sistema de plantación puede suponer una muerte prematura de las plantas, así como la necesidad de modificación del propio sistema, para adecuarlo a las necesidades de clima, exposición, etc.
- Problemas estructurales y de fachada debidos a un mal planteamiento de las cargas o una mala ejecución de la instalación de las perfilerías o ambas.
- En sistemas hidropónicos se produce un exceso de dependencia de automatismos para el correcto funcionamiento del sistema. En el caso de que produzca un fallo en el sistema de riego la esperanza de vida de las plantas no es mayor de los 3-4 días, debido a que la capacidad de retención de agua y nutrientes del geotextil es muy limitada.

7.2 ALTERNATIVA 1, SITEMA F+P DE LA EMPRESA URBANARBOLISMO.

Datos obtenidos de:

- Urbanarbolismo & Unusualgreen. (2012).
- Verdtical Ecosistema S.L (2015).

El sistema F+P está destinado a la plantación de especies vegetales con pendientes entre los 30°- 90° y constituido por dos módulos rectangulares Ug-P20 de estructura impermeable de doble capa, sustrato no tejido Ug-M500, incluye instalación de riego Ug-RF de tubería hidroporosa.

Se diferencian las siguientes capas:

- Capa 0: Rastrelado de perfiles metálicos.
- Capa 1: Módulos rectangulares Ug-P20 de PE EXT expandido 906 Ug-P10 20mm.
- Capa 2: Tejido no tejido de poliéster-algodón Ug-M500, espesor 1.5mm + 1.5mm.
- Capa 3: Cobertura vegetal de especies seleccionadas según ubicación y características de la fachada.

El sistema tiene un espesor total de 20mm y un peso de 25-30 kg/m², almacenando una cantidad de agua de 5 litros/m².

Para su instalación se requiere 10 días laborables por cada 100 m².

Este tipo de sistema resulta adecuado por su bajo peso y economía de la instalación, pero es escasamente resistente al frío, tiene una lata dependencia del correcto funcionamiento del sistema de riego y alto coste mantenimiento.

7.3 ALTERNATIVA 2, SISTEMA MSP:90 VERDTICAL.

Datos obtenidos de:

- Verdtical Ecosistema S.L. (2013).

El sistema MSP-90 está compuesto por una capa de polietileno de alta densidad de 25mm con cámara de aire interior, estructura portante de perfilera de aluminio, módulos de plantación MSP.90 a medida, realizados con varilla metálica, electrosoldada y plastificada y rellenos de sustrato de fibra vegetal, *Sphagnum maguellanicum* deshidratado.

Se diferencian las siguientes capas:

- Capa 0: Impermeabilización de polietileno, 25mm cámara de aire interior.
- Capa 1: Estructura portante, perfilera de aluminio.
- Capa 2: Módulos de plantación MSP-90.
- Capa 3: Sistema de riego exudante.
- Capa 4: Vegetación.

El sistema tiene un espesor de 145mm a los que hay que añadir la vegetación. Y tiene un peso total con la vegetación y a sustrato saturado de 35-40 Kg/m².

Para su instalación se requiere 10 días laborables por cada 100 m².

Este sistema presenta menor coste de mantenimiento, gran independencia del sistema de riego ya que retiene mejor y durante más tiempo la humedad y los nutrientes, pero tiene un mayor coste de implantación y la necesidad de creación de módulos a medida lo cual encarece el presupuesto final.

7.4 ALTERNATIVA 3, SISTEMA PRV-2 VERTICAL HIDROPONÍA.

Datos obtenidos de:

- *Verdtical Ecosistema S.L. (2013).*

El sistema PRV-2 Verdtical está formado por una capa de polietileno de alta densidad, la cual posee una cámara de aire interior de 25mm de espesor, la estructura portante es en perfilera de aluminio y los módulos de material geotextil en donde se realiza la plantación son construidos a medida. Esto permite instalar conducciones de riego cada 2m de altura. El riego está formado por tubería exudante.

Los módulos pueden albergar entre 25 a 80 plantas/m², en función de la densidad deseada.

El sistema completo está constituido por las siguientes capas:

- Capa 0: Impermeabilización de polietileno con cámara interior de 25mm.
- Capa 1: Estructura portante de perfilera de aluminio.
- Capa 2: Módulos de plantación geotextil.
- Capa 3: Sistema de riego exudante.
- Capa 4: Vegetación.

El sistema tiene un espesor de 35mm, 80mm en caso de ser necesario fachada ventilada, a los que se añadiría el espesor de la vegetación.

El peso total del sistema con la vegetación y saturado de agua oscila entre los 23 a 27 kg/m².

Este tipo de sistema resulta adecuado por su bajo peso y economía de la instalación, pero es escasamente resistente al frío, tiene una alta dependencia del correcto funcionamiento del sistema de riego y alto coste mantenimiento.

Para su instalación se requiere 10 días laborables por cada 100 m²

7.5 COMPARATIVA DE ALTERNATIVAS

A continuación, se recoge en el siguiente cuadro a modo de resumen, las características de cada sistema, en función de valores estéticos, durabilidad, ambientales, facilidad de montaje, etc.

TABLA 3: Cuadro de comparación de alternativas.

CUADRO DE COMPARACIÓN DE ALTERNATIVAS				
TIPO	CARACTERÍSTICA	SISTEMA F+P URBANARBOLISMO	SISTEMA MSP:90 VERDTICAL	SITEMA PRV-2 VERDTICAL HIDROPONÍA
Estructurales	Anclaje a fachada	10	10	10
	Anclaje a cupula	10	0	10
Peso	Sistema completo	5	0	10
Instalación	Perfilería	10	10	10
	Estructuras portantes	5	5	5
	Paneles	10	5	10
	Palantación	10	5	10
Durabilidad	Estructura	10	10	10
	Sistema portante	5	10	5
	Geotextil	5	0	5
	Sphagnum	0	10	0
Costes	Instalación	10	5	10
	Mantenimiento	5	10	5
	Piezas a medida	10	0	10
	Reposición de panelado	10	5	10
Impacto ambiental	Materiales reciclados	10	5	10
	Sistema de cultivo	0	10	0
	Reciclado de materiales tras su periodo de uso	5	10	5
Dependencia	Sistema de riego	0	5	0
	Abonado	0	5	0
Acabado	Natural	5	10	5
TOTAL		135	130	140

La alternativa que presenta mejores resultados es el sistema PRV-2 de Verdical en hidroponía, aunque el sistema Sphagnum presenta valoraciones ambientales más interesantes, desde el punto de vista estructural, resulta mucho más complejo y costoso, realizar los paneles de Sphagnum a medida.

Por otra parte, este sistema resulta mucho más pesado sobre todo en la zona de la cúpula lo que obliga la creación de una estructura portante auxiliar en donde poder anclar el panelado, lo que encarece significativamente el presupuesto final.

8 RESULTADOS FINALES

8.1 ELECCIÓN DEL SISTEMA

Por lo anteriormente expuesto se considera que el sistema más adecuado a emplear es el sistema de cultivo hidropónico PRV-2 Verdtical, ya que proporciona mayor facilidad de montaje al tiempo que resulta más económica su instalación.

Si bien es cierto se habrá de cuidar el tipo de productos empleados, en el cultivo, con el fin de minimizar el impacto ambiental y compatibilizarlo con la presencia de fauna en el mismo.

Desde el punto de vista estructural presenta las mismas características que el sistema de Sphagnum, a excepción de la parte de la bóveda, en donde sería necesaria la creación de estructura portante, razón por la cual no se ha seleccionado este último sistema.

Desde el punto de vista del mantenimiento, el sistema hidropónico presenta mayores requerimientos que el sistema Sphagnum y este es uno de los puntos débiles de este sistema, es por ello que se incorporará un sistema de control telemático que facilite su mantenimiento y minimice a largo plazo su coste.

Respecto a la facilidad de reposición de planta, esta resulta mucho más sencilla en el sistema hidropónico, la planta al encontrarse dispuestas en bolsillos, resulta mucho más sencilla su retirada y sustitución, en el sistema Sphagnum no sería posible la eliminación de la parte radicular, dificultando el control de enfermedades y propiciando procesos de descomposición en el sustrato y disminuyendo su vida útil.

8.2 EQUIPAMIENTO Y GESTIÓN DEL AGUA

El agua de riego que alimenta al sistema hidropónico, se bombea desde un depósito de agua al que posteriormente se le añaden mediante dosificadores Venturi los fertilizantes necesarios para la nutrición de las plantas.

El agua sobrante se recoge mediante canalizaciones por toda la fachada y se reconduce de nuevo al depósito para su posterior reutilización.

En el depósito de la solución hidropónica de 1000 L se reproducen las condiciones idóneas de nutrientes, pH y conductividad que garantizan la satisfacción de las necesidades de las plantas.

El depósito se abastece por dos vías:

- Agua de la red.
- Retorno del agua sobrante del propio jardín.

Todo el sistema de riego está controlado por un ordenador de fertirrigación y un sistema de telecontrol y telegestión vía web que permitan la actuación a distancia sobre los parámetros del jardín y la gestión de alarmas en caso de fallo del riego.

Para surtir de riego los paneles de geotextil se empleará tubería exudante de PEB de 16mm.

Esta estará alimentada por una tubería secundaria, en el sector 3, de 16mm, alimentada a su vez por una tubería primaria de PEB de 32mm polietileno.

El resto de sectores serán alimentados directamente por una tubería primaria de PEB de 32mm.

Finalmente, las bajantes serán tuberías de PEB de 32mm.

Ambas bajantes desaguarán en una tubería de 32mm que comunicará con el depósito de agua situado en el sótano. Aquí se reciclarán todas aguas sobrantes de la fachada y serán empleadas de nuevo en el riego.

En la planta sótano, se encuentra la sala de control de riego formada por:

- Depósito de agua de 1000 l.
- Tres tanques de fertilizantes de 40 l, cada uno.
- Dos dosificadores de fertilizantes tipo Venturi.
- Un sistema de filtrado formado por, un filtrado de elementos gruesos del agua que se recibe de las bajantes mediante tamizado. Posteriormente dos filtros de maya de 100 **mes**, conectados a la salida del depósito de agua.
- Bomba impulsora.
- Un sensor de pH.
- Un sensor de conductividad eléctrica.
- Un programador de riego con conexión GPRS.

8.3 ESPECIES EMPLEADAS Y DISPOSICIÓN

La elección de las especies se ha realizado en función de los siguientes criterios:

En primer lugar, se buscaron especies que se adaptaran a las características climáticas de Pamplona y atendiendo al estudio climático realizado.

Posteriormente se realizó el estudio de soleamiento con el fin de que la selección de especies se adaptara a la orientación de la fachada y la luminosidad existente. Al ser una fachada con orientación noroeste se corría el riesgo de seleccionar especies de sombra total.

Sin embargo, el estudio posterior vislumbró, que durante los meses de verano el sol podía incidir sobre la fachada con una cantidad de luxes que las plantas de sombra total podrían no tolerar. De esta forma se adaptó la ubicación de las especies a las zonas más adecuadas.

También se buscó que las especies fueran típicas de la Cordillera Cantábrica y que algunas de ellas poseyeran frutos que pudieran nutrir a la pequeña avifauna del campus o que tuvieran alguna característica que las hiciera atractivas para insectos beneficiosos en particular las abejas.

Con todo ello se pretenden crear tres zonas diferenciadas:

La primera zona, formada por la zona de la cúpula, se caracteriza por ser especies características de alta montaña cantábrica y que además de forma natural conviven entre sí en la naturaleza. Con ello se consigue una mejor adaptación de las especies al entorno y a la ubicación en la fachada.

La segunda zona es el área intermedia, que abarca el primer y segundo piso de la biblioteca, está compuesta por una combinación de especies típicamente cantábricas, combinadas con algunas especies seleccionadas por atraer a insectos beneficiosos, algunas plantas aromáticas, pequeños frutos y otras especies seleccionadas para crear contraste de textura y color con las anteriores.

Todas ellas en combinación, para crear continuidad, con especies de la primera y tercera zona.

Finalmente, la zona correspondiente a la planta baja, es una selección principalmente de gramíneas y de porte cespitoso, que, por su exigencia en mayor mantenimiento, principalmente podas en otoño, es más conveniente

por su facilidad, que se sitúen en zonas bajas, de este modo no son necesarios medios auxiliares para realizar estas labores.

También porque representan las zonas de pastos, gramíneas y cespitosas típicas del medio rural del norte de navarra, moldeado por la ganadería extensiva durante generaciones.

A continuación, se adjunta la *TABLA 3* en la se representa la superficie ocupada por cada especie:

TABLA 4: Superficie ocupada por las especies seleccionadas.

ESPECIE	CODIGO	SUPERFICIE (m²)	COMENTARIOS
<i>Ophiopogon jaburum</i>	1	17,78	
<i>Tradescantia pallida</i>	2	11,93	
<i>Asparagus sprengueri</i>	3	15,50	
<i>Vinca mayor variegata</i>	4	9,47	
<i>Cyrtium falcatum</i>	5	4,43	
<i>Heuchera pinot bianco</i>	6	7,58	
<i>Carex oshinensis evergold</i>	7	3,35	
<i>Pachysandra spp</i>	8	5,77	
<i>Ophiopogon japonicum</i>	9	11,86	
<i>Cytisus scoparius 'Golden sunlight'</i>	A 10	6,98	
<i>Cytisus scoparius 'Boskoop ruby'</i>	B 10	8,68	
<i>Genista hispanica</i>	11	14,66	
<i>Erica carnea</i>	12	20,89	
<i>Erica gracilis</i>	13	19,52	
<i>Calluna vulgaris 'Silver queen'</i>	14	4,62	
<i>Dianthus firewitch</i>	15	8,06	
<i>Iris japonica</i>	16	16,54	
<i>Dryopteris filix</i>	17	9,90	
<i>Nephrolepis cordifolia</i>	18	8,03	
<i>Taxus baccata 'Adpressa aurea'</i>	19	11,35	
<i>Vaccinium spp</i>	20	9,65	
<i>Hypericum calcicum</i>	21	8,06	
<i>Calluna vulgaris 'Boskoop'</i>	22	6,05	
<i>Erica carnea 'Springwood white'</i>	23	17,67	
<i>Erica erigena 'Golden lady'</i>	24	8,00	
<i>Festuca scoparia</i>	25	8,25	
<i>Carex comans bronco</i>	26	6,02	
<i>Ophiopogon planiscapus 'niger'</i>	27	11,36	
<i>Ajuga black scallop</i>	28	3,40	
<i>Bergenia crassifolia</i>	29	13,12	
<i>Ajuga reptans</i>	30	7,36	
<i>Globularia alypum</i>	31	10,64	
<i>Lavandula stoechas</i>	32	6,03	
<i>Achillea crithnifolia</i>	33	6,67	
<i>Libertia peregrinans gold lea</i>	34	9,03	
<i>Erigeron kravinskianus</i>	35	6,19	
<i>Muehlenbergia capilaris</i>	36	7,47	
<i>Festuca glauca</i>	37	3,20	
<i>Rosmarinus officinalis</i>	38	5,39	
<i>Betula spp</i>	39		11 troncos de 4,5 m de altura y diámetro 15 cm aprox.
<i>Narcissus spp</i>	40	29,64	Situados en combinación de las especies 1 y 9
TOTAL SUPERFICIE CULTIVADA (m²)		400,07	

8.4 RESUMEN DE PRESUPUESTO

A continuación, se recoge a modo de resumen la cuantía del proyecto y el valor de cada partida:

CAPITULO	RESUMEN	EUROS
1	ACTUACIONES PREVIAS.....	40,32
2	ALBAÑILERÍA.....	1.027,53
3	INSTALACION SANEAMIENTO.....	425,06
4	INSTALACIÓN DE RIEGO.....	5.611,63
5	SISTEMA HIDROPONÍA Y PLANTACIÓN.....	151.200,00
6	GESTIÓN DE RESIDUOS.....	826,20
7	CONTROL DE CALIDAD.....	668,30
8	SEGURIDAD Y SALUD.....	2.029,44
TOTAL, EJECUCIÓN MATERIAL		161.828,48
19,00 % GG + BI.....		30.747,41
TOTAL, PRESUPUESTO CONTRATA		192.575,89 €
21,00 % I.V.A.....		40.440,93
TOTAL, PRESUPUESTO GENERAL		233.016,82 €

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de DOSCIENTOS TREINTA Y TRES MIL DIECISEIS EUROS con OCHENTA Y DOS CÉNTIMOS

Para un mayor detalle del presupuesto consultar *DOCUMENTO 6 PRESUPUESTOS* del presente proyecto.

9 PLANIFICACIÓN

Para la instalación del jardín vertical se seguirá el siguiente proceso constructivo:

- Replanteo e instalación de los rastreles de aluminio en T 50x40mm.
- Sellado de las uniones.
- Replanteo e instalación de los canales de recogida de agua.
- Replanteo de instalaciones de recogida de aguas de la fachada.
- Pruebas de funcionamiento del saneamiento.
- Replanteo e instalación de los paneles de aislamiento de polietileno en los que esta preinstalado la lámina geotextil.
- Instalación de los ramales de riego y cableado de los sensores.
- Instalación de los tubos exudante de riego.
- Pruebas de riego
- Colocación de los embellecedores.
- Plantación.

Proceso de construcción de las instalaciones y construcciones del sótano:

- Ejecución de tabiquería, puerta, acceso.
- Ejecución arquetas de bombeo.
- Instalación saneamiento.
- Instalación de depósitos.
- Ejecución de instalación de fontanería y riego.
- Ejecución instalación eléctrica.
- Pruebas de riego.

10 ORDEN DE PRIORIDAD ENTRE DOCUMENTOS FINALES

En caso de discrepancia entre documentos, se deberá seguir el orden de prioridad entre documentos citado a continuación:

1. Planos.
2. Presupuestos.
3. Memoria.
4. Estado de mediciones.

Universidad Pública de Navarra

Nafarroako Unibertsitate Publikoa

**ESCUELA TECNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS AGRONOMOS**

**NEKAZARITZAKO INGENIARIEN
GOI MAILAKO ESKOLA TEKNIKO**

**PROYECTO DE
JARDÍN VERTICAL EN LA FACHADA NORTE
DE LA BIBLIOTECA DE LA UNIVERSIDAD PÚBLICA DE NAVARRA
CAMPUS DE ARROSADIA PAMPLONA (NAVARRA)**

.....

**REALIZADO COMO TRABAJO FIN DE ESTUDIOS DEL
GRADO EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y DEL MEDIO RURAL
DE LA UNIVERSIDAD PÚBLICA DE NAVARRA**

DOCUMENTO 1.2

ANEJOS

Autora: Beatriz Pérez Braña

Tutor de proyecto: Miguel Ángel Campo Bescós

JUNIO DE 2016

INDICE DE ANEJOS

ANEJO 1: ESTUDIO DE FLORA Y FAUNA DE LA UPNA	2
1. BILIOGRAFÍA	2
2. OBJETIVO DEL ESTUDIO.....	2
3. FLORA DE LA UPNA	2
4. FAUNA DE LA UPNA	8
ANEJO 2: ESTUDIO DE SOLEAMIENTO	12
1. BIBLIOGRAFÍA	12
2. OBJETIVO DEL ESTUDIO.....	12
3. FUNDAMENTO TEÓRICO Y METODOLOGÍA.....	12
3.1 DETERMINACIÓN DE LA POSICIÓN DEL SOL.....	13
3.2 REFERENCIAS PARA LA POSICIÓN DEL PLANO DE CAPTACIÓN.....	14
3.3 CÁLCULO DEL HORIZONTE VISIBLE	14
3.4 CÁLCULO DEL ÁNGULO DE INCIDENCIA DEL SOL SOBRE EL PLANO DE CAPTACIÓN.....	15
3.5 CÁLCULO DE LA ILUMINANCIA INCIDENTE SOBRE EL PLANO DE CAPTACIÓN.....	15
4. RESULTADOS.....	15
ANEJO 3: ESTUDIO DE CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO.....	25
1. BIBLIOGRAFÍA	25
2. PROCEDENCIA DE LOS DATOS	25
3. FACTORES LIMITANTES	25
4. RESULTADOS DEL ANÁLISIS.....	26
5. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	28
5.1 EL pH.....	28
5.2 CONTENIDO DE SALES.....	28
5.3 CLORURO.....	29
5.4 POTASIO (K)	29
5.5 SODIO (Na)	29
5.6 SULFATO.....	29
5.7 RELACIÓN DE ABSORCIÓN DE SODIO (RAS)	29
5.8 DUREZA	30
5.9 TOXICIDAD	31
6. CALIFICACIÓN DEL AGUA MUESTREADA.....	32

7. DIRECCIONES DE LA FAO PARA LA INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS	33
8. CONCLUSIONES	33
ANEJO 4: ESTUDIO CLIMÁTICO	35
1. BIBLIOGRAFÍA	35
2. ESTUDIO CLIMÁTICO	35
ANEJO 5: ESTUDIO DE ALTERNATIVAS	40
1. BIBLIOGRAFÍA	40
2. BENEFICIOS E INCONVENIENTES GENERALES DE LOS JARDINES VERTICALES	40
3. ALTERNATIVA 1, SISTEMA F+P DE LA EMPRESA URBANARBOLISMO.	42
3.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA Y REQUERIMIENTOS.....	42
3.2 VENTAJAS E INCONVENIENTES.	42
4. ALTERNATIVA 2, SISTEMA MSP:90 VERTICAL	43
4.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA Y REQUERIMIENTOS.	43
4.2 VENTAJAS E INCONVENIENTES.	44
5. ALTERNATIVA 3, SISTEMA PRV-2 VERTICAL HIDROPONÍA.....	44
5.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA Y REQUERIMIENTOS.	44
5.2 VENTAJAS E INCONVENIENTES	45
6. COMPARATIVA DE ALTERNATIVAS.....	46
ANEJO 6: SELECCIÓN DE ESPECIES	49
1. BIBLIOGRAFÍA	49
2. JUSTIFICACIÓN DE LA ELECCIÓN Y DISPOSICIÓN DE ESPECIES.....	49
3. FICHAS DE ESPECIES SELECCIONADAS.	52
3.1 OPHIOPOGON JABURUM.....	52
3.2 TRADESCANTIA PALLIDA	53
3.3 ASPARAGUS SPRENGERI	54
3.4 VINCA MAYOR VARIEGATA.....	55
3.5 CYRTONIUM FALCATUM	56
3.6 HEUCHERA PINOT BIANCO	57
3.7 CAREX OSHINENSIS EVERGOLD	58
3.8 PACHYSANDRA SP	59
3.9 OPHIOPOGON JAPONICUS	60
3.10 CYTISUS SCOPARIUS 'GOLDEN SUNLIGHT'	61

3.11 CYTISUS SCOPARIUS 'BOKOOP RUBY'	62
3.12 GENISTA HISPÁNICA	63
3.13 ERICA CARNEA	64
3.14 ERICA GRACILIS	65
3.15 CALLUNA VULGARIS 'SILVER QUEEN'	66
3.16 DIANTHUS FIREWITCH	67
3.17 IRIS JAPONICA	68
3.18 DRYOPTERIS FILIX	69
3.19 NEPHROLEPIS CORDIFOLIA	70
3.20 TAXUS BACCATA 'ADPRESSA AUREA'	71
3.21 VACCINUM SP	72
3.22 HYPERICUM CALCICUM	73
3.23 CALLUNA VULGARIS 'BOSKOOP'	74
3.24 ERICA CARNEA 'SPRINGWOOD WHITE'	75
3.25 ERICA CARNEA 'GOLDEN LADY'	76
3.26 FESTUCA SCOPARIA	77
3.27 CAREX COMANS BRONCO	78
3.28 OPHIOPOGON PLANISCAPUS 'NIGER'	79
3.29 AJUGA BLACK SACKLOP	80
3.30 BERGENIA CRASSIFOLIA	81
3.31 AJUGA REPTANS	82
3.32 GLOBULARIA ALPUM	83
3.33 LAVANDULA STOECHAS	84
3.34 ACHILLEA CRITHMIFOLIA	85
3.35 LIBERTIA PEREGRINANS GOLD LEA	86
3.36 ERIGERON KRAVINSKIANUS	87
3.37 MUHLENBERGIA CAPILLARIS	88
3.38 FESTUCA GLAUCA	89
3.39 ROSMARINUS OFFICINALIS	90
3.40 BETULA ALBA	91
3.41 NARCISSUS SP	92

ANEJO 7: DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO.	94
1. BIBLIOGRAFÍA	94
2. DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO	94
2.1 DIVISIÓN DE LA FACHADA EN SECTORES DE RIEGO	94

2.2 CÁLCULOS.....	94
2.2 CONCLUSIONES	97

ANEJO 1

ESTUDIO DE FLORA Y FAUNA DE LA UPNA

ANEJO 1: ESTUDIO DE FLORA Y FAUNA DE LA UPNA.

1. BILIOGRAFÍA

- G. Deán. (2014). Guía de aves de la Universidad Pública de Navarra. Navarra: Universidad Pública de Navarra.
- Bértolo, A., Almingol, C. Berasategui, G., Alfaro, I., Ardanaz, J., & Soria, P. (2008). Atlas de las aves de Pamplona. Navarra: Ayuntamiento de Pamplona
- Upna. (2008). Campus verde. Guía de la vegetación de la Universidad Pública de Navarra: Universidad Pública de Navarra.

2. OBJETIVO DEL ESTUDIO

El principal objetivo de realizar un estudio sobre las principales especies tanto de flora como de fauna presentes en el campus universitario, es en primer lugar determinar qué especies de flora se pueden encontrar, y con ello procurar completar y aumentar la diversidad florística e incorporar en la medida de lo posible un mayor número de especies autóctonas particulares de la Comunidad Foral Navarra, que pueden adaptarse a su crecimiento en una fachada vertical, y también especies específicas de la Cornisa Cantábrica, con el fin de crear un ecosistema vertical completo y no un simple jardín ornamental.

En segundo lugar, se pensó en la importancia de la fauna en los ecosistemas, es por ello que se creyó necesario incorporar un pequeño estudio sobre la diversidad faunística del campus e incorporar en el proyecto nidales y especies de flora que contribuyeran al mantenimiento y aumento de las especies presentes.

3. FLORA DE LA UPNA

El complejo universitario está constituido por seis itinerarios en los que se pueden encontrar 89 especies y variedades arbóreas distintas y una decena de especies arbustivas relevantes.

El ajardinamiento de las zonas verdes del campus y de la Finca de Prácticas fueron realizados según el proyecto de Daniel Rodés Navarro, Doctor en Biología e ingeniero agrícola que diseñó el complejo atendiendo a tres propósitos, el primero que el ajardinamiento acompañara ornamentalmente a los edificios de Sáez de Oiza, en segundo lugar crear un espacio de recreo y encuentro al aire libre y por último ofrecer una amplia representación de variedades arbóreas, algunas exóticas y susceptibles de adaptarse a clima de Pamplona.

El suelo sobre el que se asienta la universidad está constituido por margas eocenas calizas, las cuales son características de la cuenca de Pamplona, donde son conocidas como tufa o tufarro.

Este suelo se caracteriza por ser impermeable, muy plástico y poco apto para cultivos a excepción del cereal, el cual puede ser cultivado en suelos poco profundos.

Todo ello obligó a que cada árbol fuera plantado en un hoyo de metro y medio cúbico especialmente cavado en la marga. Posteriormente todos los hoyos fueron conectados por una extensa red de drenaje.

Las zonas de césped crecen sobre una capa de tierra de veinte centímetros. La tierra empleada procede de la Magdalena, un paraje de afamadas huertas ubicado al noreste de la ciudad, en la otra ribera del río Arga. (UPNA,2008).

El campus se encuentra dividido en seis itinerarios en los que se representa tipologías estilos de jardín y jardines de cinco continentes. Así diferenciamos según la clasificación realizada por la *Guía Campus verde de la UPNA*:

1. Aulario
2. Parques Asia y Europa.
3. Un parque inglés.

4. El rectorado.
5. El parque de Navarra.
6. América, África y Oceanía.

A continuación, se detalla la relación de especies que se pueden encontrar en cada uno de ellos, se incluye un atabla con imágenes de las especies a modo de resumen:

1. Aulario

- Arce de azúcar, *Acer saccharinum*.
- Arce del Canadá, *Acer saccharinum*.
- Cedro del Atlas, *Cedrus atlantica*.
- Rosas cubresuelos, *Rosa* “Candy-Rose, Swanny, Fiona, Fairy”.
- Cedro del Líbano, *Cedrus libani*.
- Cerezo ‘Amanogawa’, *Prunus serrulata* “Amanogawa”.
- Cerezo ‘Kwanzan’. *Prunus serrulata* “Kwanzan”.
- Encina, *Quercus ilex*.
- Rosal ‘Alain’, *Rosa* “Alain”
- Fresno globoso, *Fraxinus excelsior globosa*.
- Castaño de indias rojo, *Aesculus hippocastanum*.
- Arce globoso, *Acer platanioides* “globosum”.
- Tejo fastigiado, *Taxus baccata*.
- Aligustre, *Ligustrum ovalifolium variegata*.
- Cotoneaster, *Cotoneaster sp.*
- Parra virgen, *Ampelopsis tricuspidata*.

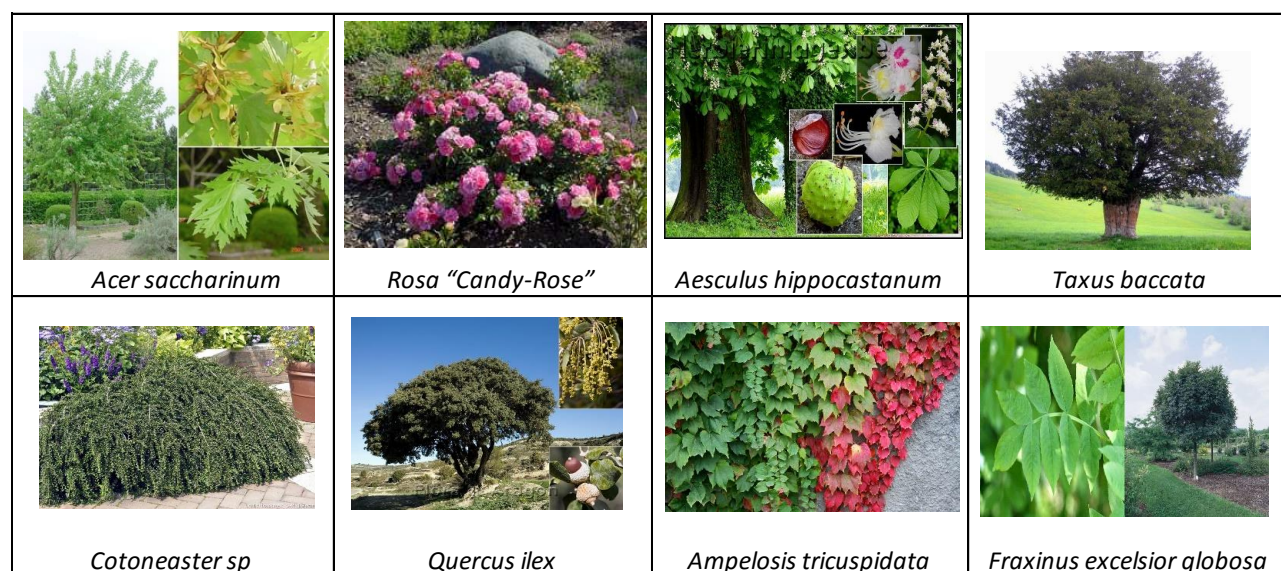


FIGURA 1: Resumen especies jardín Mi Aulario.

2. Parques Asia y Europa.

- Arce globoso, *Acer platanioides* “globosum”.
- Haya columnar, *Fagus sylvatica* “fastigiata dawyck”.
- Pino piñonero, *Pinus pinea*.
- Cerezo ‘Cerassifera’, *Prunus serrulata* “Cerassifera”.
- Serbal del cazador, *Sorbus aucuparia*.
- Roble carvallo piramidal, *Quercus robur* “piramidalis”.
- Serbal, *Sorbus aria*.
- Avellano ‘contorta’, *Corylus avellana* “Contorna”

- Pinsapo, *Abies pinsapo*.
- Adelfa, *Nerium oleander*.
- Pino carrasco, *Pinus halepensis*.
- Fresno globoso, *Fraxinus excelsior globosa*.
- Tejo, *Taxus baccata*.
- Arce columnar, *Acer platanoides "columnare"*.
- Lagerstroemia, *Lagerstroemia indica*.
- Avellano de Turquía, *Corylus colurna*.
- Parrotia, *Parrotia persica*.
- Arce de azúcar, *Acer saccharinum*.
- Rosa de siria, *Hibiscus syriacus*.
- Cerezo, *Prunus avium*.
- Criptomeria, *Cryptomeria japonica*.
- Abeto coreano, *Abies coreana*.
- Gingko, *Ginkgo biloba*.
- Palmera de china, *Trachycarpus fortunei*.
- Madroño, *Arbutus unedo*.
- Metasecuoya, *Metasequoia glyptostroboides*.
- Manzano de flor, *Malus floribunda*.



FIGURA 2: Resumen especies jardín Asia y Europa.

3. Un parque inglés.

- Almez, *Celtis australis*.
- Secuoya gigante, *Sequoia sempervirens*.
- Lagerstroemia, *Lagerstroemia indica*.
- Arce de azúcar, *Acer saccharinum*.
- Abedul americano, *Betula papyrifera*.
- Arce columnar, *Acer platanoides "columnare"*.
- Abeto de Serbia, *Picea omorika*.
- Abeto, *Abies nordmanniana*.
- Arce 'Wieri', *Acer saccharinum "Wieri"*.
- Carpe, *Carpinus betulus "Fastigiata"*.
- Pisardi, *Prunus cerasifer "pisardii"*.
- Morera, *Morus alba "pendula"*.

- Arce globoso, *Acer platanioides* "globosum".
- Cedro del Atlas, *Cedrus atlantica*.
- Gingko, *Ginkgo biloba*.
- Cedro del Himalaya, *Cedrus deodara*.
- Secuoya, *Sequoia sempervirens*.
- Manzano de flor, *Malus floribunda*.
- Tuya, *Thuja plicata*.
- Arce rojo, *Acer rubrum*.
- Ciprés de Arizona, *Cupressus arizonica*.
- Libocedro, *Libocedrus decurrens*.
- Abeto de Colorado, *Picea pungens* "Glauc".
- Boj, *Buxus sempervirens*.


			
<i>Celtis australis</i>	<i>Betula papyrifera</i>	<i>Picea omorika</i>	<i>Carpinus betulus</i>
			
<i>Morus alba</i>	<i>Thuja plicata</i>	<i>Buxus sempervirens</i>	<i>Sequoia sempervirens</i>

FIGURA 3: Resumen especies parque inglés.

4. El rectorado.

- Almez, *Celtis australis*.
- Lagerstroemia, *Lagerstroemia indica*.
- Abeto de Colorado, *Picea pungens* "Glauc".
- Arce de azúcar, *Acer saccharinum*.
- Cedro del Atlas, *Cedrus atlantica*.
- Roble, *Quercus robur*.
- Haya, *Fagus sylvatica*.
- Morera, *Morus alba* "pendula".
- Arce de Montpellier, *Acer monspessulanum*.
- Arce 'Wieri', *Acer saccharinum* "Wieri".
- Manzano de flor, *Malus floribunda*.
- Arce columnar, *Acer platanoides* "columnare".
- Castaño de Indias, *Castanea sativa*.
- Aliso, *Alnus glutinosa*.
- Ciprés de Arizona, *Cupressus arizonica*.
- Cedro del Himalaya, *Cedrus deodara*.
- Pisardi, *Prunus cerasifer* "pisardii".
- Libocedro, *Libocedrus decurrens*.
- Secuoya, *Sequoia sempervirens*.

- Arce real, *Acer platanoides*.
- Tilo, *Tilia euclora*.
- Abeto, *Abies nordmanniana*.
- Tejo, *Taxus baccata*.
- Arce globoso, *Acer platanoides* “*globosum*”.
- Fresno, *Fraxinus excelsior*.
- Tuya, *Thuja plicata*.

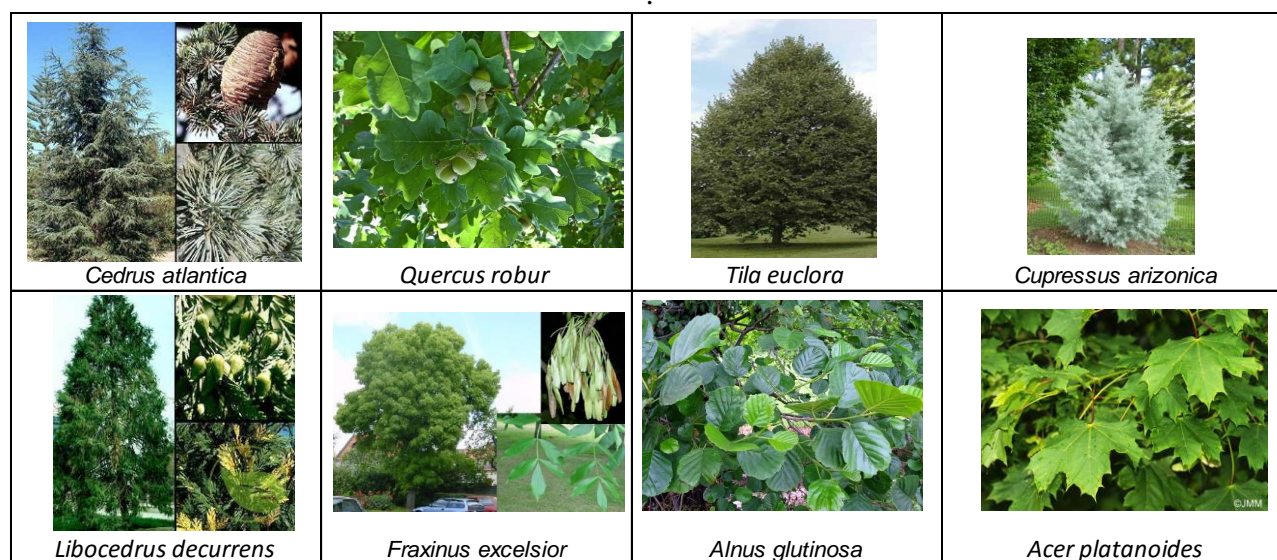


FIGURA 4: Resumen especies jardín El rectorado.

5. El parque de Navarra.

- Abeto blanco, *Abies alba*.
- Abeto, *Abies nordmanniana*.
- Manzano, *Malus doméstica*.
- Granado, *Punica granatum*.
- Encina, *Quercus ilex*.
- Fresno, *Fraxinus excelsior*.
- Tejo fastigiado, *Taxus baccata*.
- Durillo, *Viburnum tinus*.
- Pino carrasco, *Pinus halepensis*.
- Roble, *Quercus robur*.
- Melojo, *Quercus pubescens*.
- Arce columnar, *Acer platanoides* “*columnare*”.
- Nogal, *Juglans regia*.
- Falso plátano, *Acer platanoides*.
- Pino albar, *Pinus sylvestris*.
- Tilo plateado, *Tilia tormentosa*.
- Sófora, *Sophora japónica*.
- Higuera, *Ficus carica*.
- Boj, *Buxus sempervirens*.
- Dameri, *Cotoneaster dammerii*.
- Rosales cubresuelos, *Rosa* “*Candy-Rose, Swanny, Fiona, Fairy*”.
- Liquidámbar, *Liquidambar styraciflua*.

- Roble albar, *Quercus petraea*.

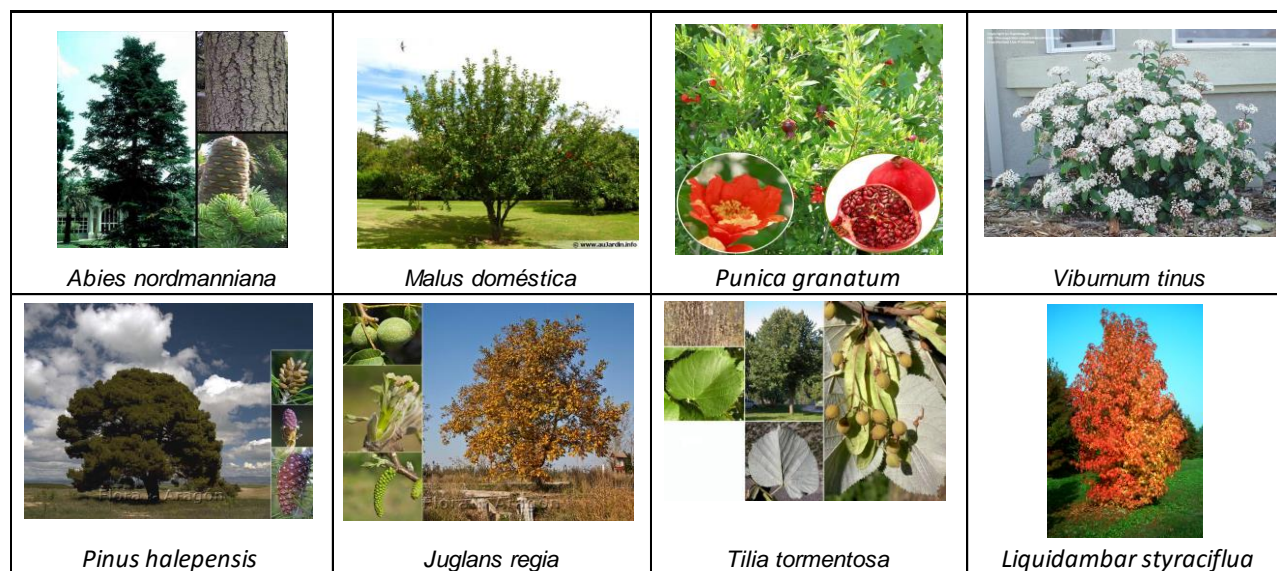


FIGURA 5: Resumen especies jardín Parque de Navarra.

6. América, África y Oceanía.

- Eucalipto, *Eucalyptus pauciflora*.
- Haya chilena, *Nothofagus antarctica*.
- Cordilina de Nueva Zelanda, *Cordyline australis*.
- Liquidámbar, *Liquidambar styraciflua*.
- Azufaifo, *Zizyphus jujuba*.
- Arce de Canadá, *Acer saccharum*.
- Araucaria, *Araucaria sp.*
- Formio, *Phormium tenax*.
- Acebo, *Ilex aquifolium*.
- Magnolio de Soulange
- Arce columnar, *Acer platanoides "columnare"*.
- Peluso o Hierba de la Pampa, *Cortaderia selloana*.
- Madroño, *Arbutus unedo*.
- Magnolio, *Magnolia grandiflora*.
- Falsa acacia, *Robinia pseudoacacia*.
- Tamariz, *Tamarix africana*.
- Tulípero de Virginia, *Liriodendron tulipifera*.
- Poinciana, *Casalpinia sp.*
- Cedro del Atlas, *Cedrus atlantica*
- Pitósporo, *Pitosporum tenuifolium*.
- Abeto de Numidia, *Abies numídica*.
- Yuca, *Yucca elephantipes*.
- Secuoya gigante, *Sequoiadendron giganteum*.
- Palmera, *Phoenix dactilifera*.
- Ciprés clavo, *Taxodium distichum*.

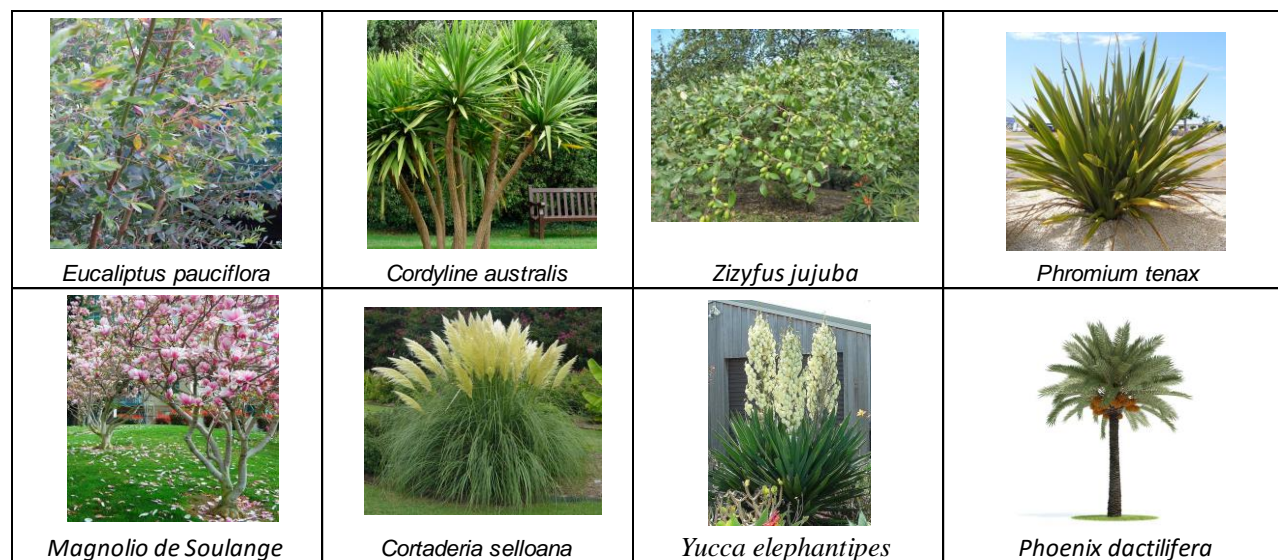


FIGURA 6: Resumen especies jardín América, África y Oceanía.

Por lo tanto, la riqueza florística de la universidad es grande y recoge un gran número de especies no solo autóctonas o típicas ribereñas, como son las que constituyen el parque de Navarra, el cual es una representación de bosque típico de ribera de la comarca, sino que también incluye especies foráneas interesantes desde el punto de vista ornamental.

4. FAUNA DE LA UPNA

Las especies descritas, así como la disposición de los jardines resulta determinante en la presencia de la fauna en el recinto universitario, que se encuentra caracterizada principalmente por pequeñas aves. El estudio realizado por la universidad se encuentra recogido en un pequeño libro *Guía de aves de la Universidad Pública de Navarra*, realizado por la Sociedad de Ciencia Naturales de Gorosti entre los años 2012-2013 y que sirve de base para este estudio faunístico.

Para la realización del estudio, el espacio universitario se dividió en 10 sectores de observación, desde ellos se pudieron observar 695 ejemplares agrupados en 58 especies. De ellas 46 forman parte del orden de los passeriformes, 3 columbiformes, 3 accipitriformes, 2 falconiformes, 1 piciforme, 1 charadriiforme, 1 anseriforme y 1 apodiforme.

El estudio revela que las áreas con mayor presencia de avifauna son las correspondientes al parque de Navarra y un parque inglés situado en la parte trasera del edificio de Los olivos, la causa, según detalla Gonzalo Deán de Oroz, autor del estudio, es una mayor cobertura arbórea y de un carácter más silvestre, refiriéndose al parque de Navarra. Las causas de mayor presencia en un parque inglés, explica que se basan en una mayor riqueza arbórea con presencia de árboles caducos y perennes y la conjunción de diversos hábitats que se dan en el sector.

Todas las especies observadas son clasificadas en tres tipologías, en función de su presencia, así encontramos aves con mayor presencia, con presencia relevante y de menor presencia.

A continuación, se detallan todas las especies observadas en el estudio y que constituyen la fauna del campus universitario.

1. Aves con mayor presencia

- Gorrión común, *Passer domesticus*.
- Estornino negro, *Sturnus unicolor*.

- Mirlo común, *Turdus merula*.
- Urraca común, *Pica pica*.
- Paloma bravía, *Columba libia*.
- Petirrojo europeo, *Erthacus rubecula*.
- Pinzón vulgar, *Fringilla coelebs*.
- Lavandera blanca, *Motacilla alba*.

2. Aves con presencia relevante.

- Jilguero europeo, *Carduelis carduelis*.
- Herrerillo común, *Cyanistes caeruleus*.
- Serín verdicillo, *Serinus serinus*.
- Vencejo común, *Apus apus*.
- Curruca capirotada, *Sylvia atricapilla*.
- Verderón común, *Chloris chloris*.
- Mosquitero común, *Phylloscopus collybita*.
- Carbonero común, *Parus major*.
- Papamoscas cerrojillo, *Ficedula hypoleuca*.
- Agateador europeo, *Certhia brachydatyla*.
- Chochín común, *Troglodytes troglodytes*.
- Avión común, *Delichon urbicum*.
- Zorzal común, *Turdus philomelos*.
- Paloma torcaz, *Columba palumbus*.
- Colirrojo tizón, *Phoenicurus ochruros*.
- Reyezuelo listado, *Regulus ignicapilla*.
- Jilguero lúgaro, *Carduelis spinus*.
- Papamoscas gris, *Muscicapa striata*.
- Ruiseñor común, *Luscinia megarhynchos*.
- Picogordo común, *Coccothraustes coccothraustes*.
- Milano real, *Milvus milvus*.
- Mito común, *Aegithalos caudatus*.
- Ánade azulón, *Anas platyrhynchos*.
- Cernícalo vulgar, *Falco tinnunculus*.
- Pardillo común, *Carduelis cannabina*.
- Tórtola turca, *Streptopelia decaocto*.
- Milano negro, *Milvus migrans*.
- Oropéndola europea, *Oriolus oriolus*.
- Golondrina común, *Hirundo rustica*.
- Pico picapinos, *Dendrocopos major*.
- Cetia ruiseñor, *Cettia cetti*.
- Lavandera cascadeña, *Motacilla cinérea*.
- Colirrojo real, *Phoenicurus phoenicurus*.

3. Aves con menor presencia.

- Zorzal alirrojo, *Turdus iliacus*.
- Acentor común, *Prunella modularis*.
- Zarcero polígota, *Hippolaris polyglotta*.
- Estornino pinto, *Sturnus vulgaris*.
- Gorrión molinero, *Passer montanus*.
- Gaviota reidora, *Chroicocephalus ridibundus*.
- Cogujada común, *Galerida cristata*.
- Mosquitero ibérico, *Phylloscopus ibericus*.
- Corneja negra, *Corvus corone*.
- Curruca zarcera, *Sylvia communis*.

- Águila calzada, *Aquila pennata*.
- Cistícola buitrón, *Cisticola juncidis*.
- Gavilán común, *Accipiter nisus*.
- Bisbita pratense, *Anthus pratensis*.
- Bisbita alpino, *Anthus spinoletta*.

ANEJO 2

ESTUDIO DE INSOLACIÓN

ANEJO 2: ESTUDIO DE INSOLACIÓN

1. BIBLIOGRAFÍA

- B.Y.H. Liu, R.C. Jordan. 1960. *The interrelationship and characteristic distribution of direct, diffuse and total solar radiation*. Sol. Energy.

2. OBJETIVO DEL ESTUDIO

El objetivo del presente estudio es determinar la cantidad de iluminancia en luxes que recibe la fachada noroeste de la biblioteca de la Upna, con el fin de seleccionar, en función de la orientación y la intensidad lumínica recibida a lo largo de las estaciones, las especies más adecuadas al emplazamiento.

3. FUNDAMENTO TEÓRICO Y METODOLOGÍA.

Para el cálculo de los datos de iluminancia que se daban en la fachada a lo largo de las estaciones se han seleccionado diez puntos significativos de la fachada (FIGURA X), en los que se han recogido los datos de iluminancia, para llegar a los resultados finales de iluminancia por estaciones, primero ha sido necesario realizar las siguientes determinaciones en los diferentes puntos de control, el procedimiento para el cálculo ha sido el siguiente:

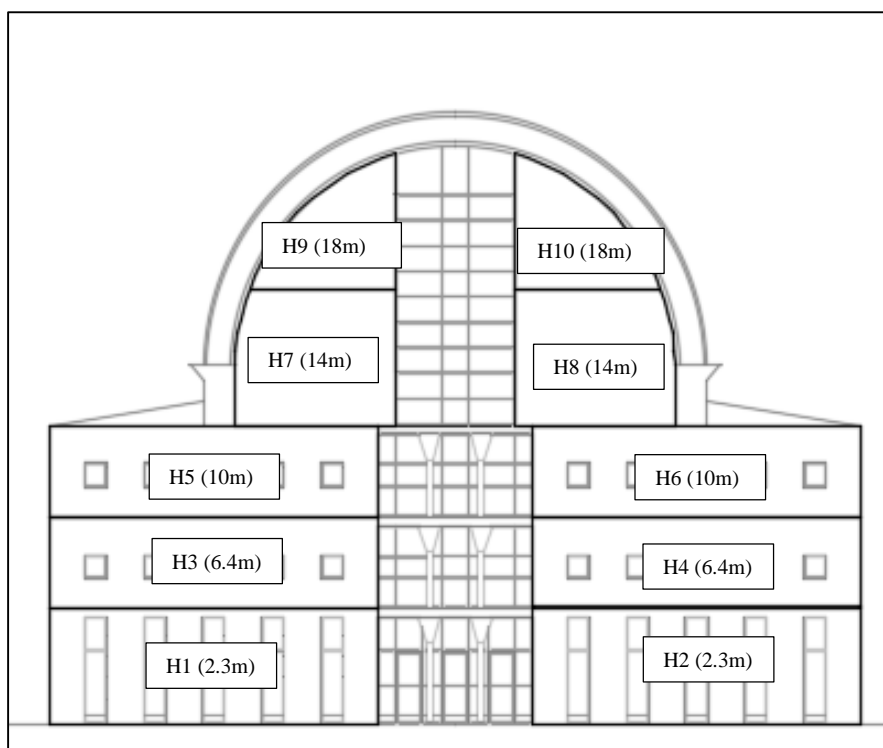


FIGURA 7: Disposición de los puntos significativos de muestreo.

3.1 DETERMINACIÓN DE LA POSICIÓN DEL SOL

En primer lugar, es necesario calcular la hora solar (H_s) (ecuación (ec).1), la cual es una medida de tiempo fundamentada en el movimiento relativo del sol respecto a un punto la Tierra, de manera que, en el mediodía solar, el sol pasa por el meridiano del observador.

Para ello se ha empleado la siguiente fórmula:

$$H_s = UTC - 4 \cdot l_{m,local} + E \quad (1)$$

En donde:

UTC = hora en el sistema UTC

$l_{m,local}$ = longitud del meridiano del lugar

E = ecuación de la hora

La ecuación de la hora (E) (ec.2) es el resultado de dos fenómenos, la excentricidad de la órbita terrestre y la oblicuidad de la elíptica.

$$E = 229,2(0,000075 + 0,001868 \cdot \cos B - 0,032077 \cdot \sin B - 0,014615 \cdot \cos 2B - 0,04089 \cdot \sin 2B) \quad (2)$$

En la cual:

$$B = (n - 1) \cdot \frac{360}{365} = 120,3288 \quad (3)$$

En segundo lugar, fue necesario calcular las coordenadas celestes del sol: la declinación solar y el ángulo horario

Por un lado, la declinación solar (δ) es el ángulo que forma el vector sol y el ecuador celeste, que se calculará empleando el algoritmo de Cooper (4).

$$\delta = 23,45 \cdot \sin \left(360 \cdot \frac{284 + n}{365} \right) \quad (3)$$

En la cual:

n = día ordinal del año (de 1 a 365 ó 366 si es bisiesto).

Por su parte, el ángulo horario (ω)(ec.5) es el ángulo formado por el círculo horario del sol y el meridiano del observador (mediodía solar). El cual se considera negativo por la mañana y positivo del mediodía en adelante. Para poder determinarlo es necesario conocer la hora solar, teniendo en cuenta que a cada hora le corresponde un ángulo de 15° .

$$\omega = (H_s - 12)15 = (14,39 - 12)15 = 35,85^\circ \quad (4)$$

En tercer lugar, se calculó las coordenadas locales del sol: ángulo de cénit y acimut sol

El ángulo de cénit (θ_z) (ec.6), es el formado por el vector sol con la vertical. También puede emplearse su complementario, la elevación solar (α_s) (6), ángulo formado por el vector sol y la horizontal.

$$\theta_z = \arccos(\cos \delta \cdot \cos \phi \cos \omega + \sin \delta \cdot \sin \phi) \quad (5)$$

$$\alpha_s = 90 - \theta_z \quad (6)$$

En la cual:

ϕ = latitud del lugar

El acimut solar (γ_s) (ec.8), es el ángulo formado por la proyección del sol sobre la horizontal y el sur del lugar. Es positivo del sur hacia el oeste y negativo hacia el este y se ha calculado empleando la siguiente ecuación:

$$\gamma_s = C_1 \cdot C_2 \cdot \gamma'_s + C_3 \cdot \left(\frac{1 - C_1 \cdot C_2}{2} \right) \cdot 180 \quad (7)$$

En la cual :

$$\gamma'_s = \arcsen \frac{\sin \omega \cos \delta}{\sin \theta_z} = 55,40^\circ$$

Las variables C_1 , C_2 y C_3 toman valores de 1 o -1, dependiendo de:

$$C_1 = \begin{cases} 1 & \text{si } |\omega| \leq \omega_{ew} \\ -1 & \text{si } |\omega| > \omega_{ew} \end{cases} \quad C_2 = \begin{cases} 1 & \text{si } \phi \cdot (\phi - \delta) \geq 0 \\ -1 & \text{si } \phi \cdot (\phi - \delta) < 0 \end{cases} \quad C_3 = \begin{cases} 1 & \text{si } \omega \geq 0 \\ -1 & \text{si } \omega < 0 \end{cases}$$

3.2 REFERENCIAS PARA LA POSICIÓN DEL PLANO DE CAPTACIÓN

La inclinación y orientación del plano de captación quedarán definidas como:

- **Inclinación del plano (β_p).** Ángulo formado por el vector normal al plano y la horizontal.
- **Acimut del plano (γ_p).** Ángulo formado por la proyección, sobre la horizontal, del vector normal al plano y el sur del lugar. Como en el caso del acimut solar se considera positivo hacia el oeste y negativo hacia el este

3.3 CÁLCULO DEL HORIZONTE VISIBLE

Ya se conoce el ángulo del vector sol sobre la superficie de captación, en nuestro caso la fachada noroeste de la biblioteca de la Upna, ahora es necesario conocer si el sol sería visible desde este plano en ausencia de obstáculos (edificio mi aulario, departamento de Tejos, árboles, etc.).

Sin embargo, puede ocurrir que aun siendo el ángulo de incidencia menor a los 90° , algún elemento de los anteriormente mencionados se interponga entre el sol y el plano de captación.

Esta es la razón por la cual se hace necesario calcular el horizonte visible desde el punto de cálculo que estará caracterizado por un conjunto de pares de valores del acimut y elevación (γ_h , α_h), se han tomado 10 valores de acimut y elevación, correspondientes a los 10 puntos de control situados en la fachada.

El cálculo del horizonte es posible realizarlo empleando un sistema de información geográfica (SIG) tomando como información de entrada un modelo digital de superficie (MDS).

Una vez se ha determinado la elevación del horizonte sobre la horizontal es posible compararla con la elevación del sol. De forma que, si el sol se encuentra por debajo del horizonte, no incidirá sobre la fachada.

Así se conocerá si el sol incide directamente sobre la vegetación, pero no resulta suficiente como dato, por lo tanto, es necesario calcular no solo si incide la luz, sino también en que cantidad lo hace (Luxes) y que tipo de iluminancia es (directa, difusa o reflejada).

3.4 CÁLCULO DEL ÁNGULO DE INCIDENCIA DEL SOL SOBRE EL PLANO DE CAPTACIÓN

Una vez calculado el horizonte visible se ha de conocer el ángulo con el que el sol incide sobre el plano de captación (θ) (ec.9), el cual se calcula empleando la siguiente fórmula:

$$\cos \theta = \cos \theta_z \cdot \cos \beta + \sin \theta_z \cdot \sin \beta \cdot \cos(\gamma_p - \gamma_s) \quad (9)$$

Si el coseno del ángulo de incidencia es positivo, el sol incidirá directamente sobre la fachada, mientras que si es negativo no incidirá sobre ella. Dicho de otro modo, si el ángulo de incidencia es mayor a 90° , el sol no será visible desde nuestra superficie de interés.

3.5 CÁLCULO DE LA ILUMINANCIA INCIDENTE SOBRE EL PLANO DE CAPTACIÓN

Para su cálculo se ha empleado el modelo de cielo isotrópico de Liu y Jordan (1960). En el que se expresa la iluminancia recibida por un plano (E_T) (ec.10) como la suma de la componente directa (E_{bT}) y difusa (E_{dT}).

$$E_T = E_{bT} + E_{dT} \quad (10)$$

En donde:

$$\rho_g = \text{albedo (-)}$$

4. RESULTADOS

Inicialmente se tomó un día tipo para cada mes, para observar el comportamiento de la iluminancia en cada punto.

Se han calculado el número de hora teóricas que la fachada debería de estar iluminada de forma directa, pero que sin embargo debida a obstáculos adyacentes no es así, también el número de horas reales, así como que cantidad de iluminancia directa, difusa y reflejada se recibe en cada punto cuando el sol incide directamente.

Posteriormente se ha obtenida la iluminancia global y directa máxima y las medias de iluminancia para cada día de directa, difusa, reflejada y global.

Finalmente, con los datos obtenidos se ha realizado un cuadro comparativo de la iluminancia recibida en cada punto para cada estación del año.

Con ello conseguimos tener una referencia de:

- Número de horas de sol directo.
- Iluminancia directa máxima y en qué lugar de la fachada se recibe esta intensidad lumínica, limitará el tipo de especies a seleccionar, ya que determinadas plantas no soportan el sol directo y nos permitirá adecuar las disposiciones de especies.
- Media de iluminancia directa, difusa y reflejada, obtendremos valores de la cantidad de iluminación que recibirá la fachada en cada punto pudiendo adecuar las especies en las distintas exposiciones.
- Iluminancia global media, permitirá hacer una selección general de especies en función de la cantidad de luz.
- Disponibilidad de iluminancia en los distintos puntos de la fachada a lo largo de un año y en cada estación.

A continuación, se recogen en tablas a modo de resumen lo datos obtenidos para cada punto muestreado.

En el punto H1, el periodo que más horas de sol directo presenta es en verano con 4 h de sol directo. Es en este periodo cuando se recoge el mayor valor de iluminancia directa con 48870 lx, en el mes de junio y también es en este mismo, mes cuando se recoge el mayor de iluminancia global (directa + difusa+ reflejada) con 60415 lx.

El pico de iluminancia total se alcanza verano con 13284 lx (intensidad lumínica media) y el mínimo en invierno con 3518 lx (intensidad lumínica baja).

TABLA 1: Punto H1, datos de iluminancia.

Estación	Mes	Horas de sol incidente sobre la fachada		Medias de iluminancia de sol incidente sobre la fachada			Iluminancia Directa (EbT (lx))		Media Iluminancia Difusa (EdT (lx))	Media Iluminancia Reflejada (EgT (lx))	Iluminancia Global (lx)		MEDIA ILUMINANCIA TOTAL (lx)
		Teóricas	Reales	EbT (lx)	EdT (lx)	EgT (lx)	Máxima	Media			Máxima	Media	
INVIERNO	12	0	0	0	0	0	0,00	0,00	2000,96	639,60	13384,16	2640,56	3518,431
	1	0	0	0	0	0	0,00	0	2640,39	761,05	16193,85	3401,44	
	2	1	1	1747,130893	4610,401564	1173,44722	1747,13	72,80	2668,51	1771,98	16657,78	4513,29	
PRIMAVERA	3	2	0	0,00	4374,98	875,00	0,00	0,00	3596,05	754,27	17003,40	4350,32	7515,776
	4	2	2	15089,83	9915,35	4765,97	16035,19	1257,49	7150,17	2597,32	30446,37	11004,98	
	5	4	4	2670,45	13866,51	2984,53	8320,06	445,07	5563,60	1183,36	22885,99	7192,03	
VERANO	6	4	4	19827,53	14439,20	5454,42	48870,48	3304,59	9294,47	3195,17	60415,54	15794,23	13284,714
	7	4	4	26778,49	10240,87	6086,20	40778,75	4463,08	6138,31	3665,06	50651,94	14266,45	
	8	4	4	1994,89	12658,35	3585,24	5594,97	332,48	6681,30	2779,67	28563,36	9793,45	
OTOÑO	9	2	2	4361,65	10319,99	3000,39	4684,65	363,47	6458,95	1966,05	26732,98	8788,47	4880,200
	10	2	0	0,00	1331,07	266,21	0,00	0,00	1954,11	392,33	9573,88	2346,45	
	11	0	0	0	0	0	0	0,00	2812,91	692,77	14121,03	3505,69	

En el punto H2, el periodo que más horas de sol directo presenta es en verano con 4 h de sol directo. Es en este periodo cuando se recoge el mayor valor de iluminancia directa con 48870 lx, en el mes de junio y también es en este mismo, mes cuando se recoge el mayor valor de iluminancia global (directa + difusa+ reflejada) con 60415 lx.

El pico de iluminancia total se alcanza verano con 13284 lx (intensidad lumínica media) y el mínimo en invierno con 3494 lx (intensidad lumínica baja).

TABLA 2: Punto H2, datos de iluminancia.

Estación	Mes	Horas de sol incidente sobre la fachada		Medias de iluminancia de sol incidente sobre la fachada			Iluminancia Directa (EbT (lx))		Media Iluminancia Difusa (EdT (lx))	Media Iluminancia Reflejada (EgT (lx))	Iluminancia Global (ET (lx))		MEDIA ILUMINANCIA TOTAL (lx)
		Teóricas	Reales	EbT (lx)	EdT (lx)	EgT (lx)	Máxima	Media			Máxima	Media	
INVIERNO	12	0	0	0	0	0	0,00	0,00	2000,96	639,60	13384,16	2640,56	3494,17
	1	0	0	0	0	0	0,00	0	2640,39	761,05	16193,85	3401,44	
	2	0	0	0,00	0	0	0,00	0,00	2668,51	1771,98	16657,78	4440,50	
PRIMAVERA	3	2	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3596,05	754,27	17003,40	4350,32	7657,46
	4	3	3	13460,20	8481,38	3683,86	16035,19	1682,52	7150,17	2597,32	30446,37	11430,02	
	5	4	4	2670,45	13866,51	2984,53	8320,06	445,07	5563,60	1183,36	22885,99	7192,03	
VERANO	6	4	4	19827,53	14439,20	5454,42	48870,48	3304,59	9294,47	3195,17	60415,54	15794,23	13284,71
	7	4	4	26778,49	10240,87	6086,20	40778,75	4463,08	6138,31	3665,06	50651,94	14266,45	
	8	4	3	1994,89	12658,35	3585,24	5594,97	332,48	6681,30	2779,67	28563,36	9793,45	
OTOÑO	9	2	2	4361,65	10319,99	3000,39	4684,65	363,47	6458,95	1966,05	26732,98	8788,47	4880,20
	10	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1954,11	392,33	9573,88	2346,45	
	11	0	0	0	0	0	0	0,00	2812,91	692,77	14121,03	3505,69	

En el punto H3, el periodo que más horas de sol directo presenta es en verano con 4 h de sol directo. Es en este periodo cuando se recoge el mayor valor de iluminancia directa con 48870 lx, en el mes de junio y también es en este mismo, mes cuando se recoge el mayor valor de iluminancia global (directa + difusa+ reflejada) con 60415 lx.

El pico de iluminancia total se alcanza verano con 13284 lx (intensidad lumínica media) y el mínimo en invierno con 3518 lx (intensidad lumínica baja).

TABLA 3: Punto H3, datos de iluminancia.

Estación	Mes	Horas de sol incidente sobre la fachada		Medias de iluminancia de sol incidente sobre la fachada			Iluminancia Directa (EbT (lx))		Media Iluminancia Difusa (EdT (lx))	Media Iluminancia Reflejada (EgT (lx))	Iluminancia Global (ET (lx))		MEDIA ILUMINANCIA TOTAL (lx)
		Teóricas	Reales	EbT (lx)	EdT (lx)	EgT (lx)	Máxima	Media			Máxima	Media	
INVIERNO	12	0	0	0	0	0	0,00	0,00	2000,96	639,60	13384,16	2640,56	3518,43
	1	0	0	0	0	0	0,00	0	2640,39	761,05	16193,85	3401,44	
	2	1	1	1747,13	4610,40	1173,45	1747,13	72,80	2668,51	1771,98	16657,78	4513,29	
PRIMAVERA	3	2	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3596,05	754,27	17003,40	4350,32	7657,46
	4	3	3	13460,20	8481,38	3683,86	16035,19	1682,52	7150,17	2597,32	30446,37	11430,02	
	5	4	4	2670,45	13866,51	2984,53	8320,06	445,07	5563,60	1183,36	22885,99	7192,03	
VERANO	6	4	4	19827,53	14439,20	5454,42	48870,48	3304,59	9294,47	3195,17	60415,54	15794,23	13284,71
	7	4	4	26778,49	10240,87	6086,20	40778,75	4463,08	6138,31	3665,06	50651,94	14266,45	
	8	4	3	2659,85	16000,06	4604,78	5594,97	332,48	6681,30	2779,67	28563,36	9793,45	
OTOÑO	9	2	2	4361,65	10319,99	3000,39	4684,65	363,47	6458,95	1966,05	26732,98	8788,47	4880,20
	10	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1954,11	392,33	9573,88	2346,45	
	11	0	0	0	0	0	0	0,00	2812,91	692,77	14121,03	3505,69	

En el punto H4, el periodo que más horas de sol directo presenta es en verano con 4 h de sol directo. Es en este periodo cuando se recoge el mayor valor de iluminancia directa con 48870 lx, en el mes de junio y también es en este mismo, mes cuando se recoge el mayor valor de iluminancia global (directa + difusa+ reflejada) con 60415 lx.

El pico de iluminancia total se alcanza verano con 13284 lx (intensidad lumínica media) y el mínimo en invierno con 3518 lx (intensidad lumínica baja).

TABLA 4: Punto H4, datos de iluminancia.

Estación	Mes	Horas de sol incidente sobre la fachada		Medias de iluminancia de sol incidente sobre la fachada			Iluminancia Directa (EbT (lx))		Media Iluminancia Difusa (EdT (lx))	Media Iluminancia Reflejada (EgT (lx))	Iluminancia Global (ET (lx))		MEDIA ILUMINANCIA TOTAL (lx)
		Teóricas	Reales	EbT (lx)	EdT (lx)	EgT (lx)	Máxima	Media			Máxima	Media	
INVIERNO	12	0	0	0	0	0	0,00	0,00	2000,96	639,60	13384,16	2640,56	3518,43
	1	0	0	0	0	0	0,00	0	2640,39	761,05	16193,85	3401,44	
	2	1	1	1747,13	4610,40	1173,45	1747,13	72,80	2668,51	1771,98	16657,78	4513,29	
PRIMAVERA	3	2	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3596,05	754,27	17003,40	4350,32	7657,46
	4	3	3	13460,20	8481,38	3683,86	16035,19	1682,52	7150,17	2597,32	30446,37	11430,02	
	5	4	4	2670,45	13866,51	2984,53	8320,06	445,07	5563,60	1183,36	22885,99	7192,03	
VERANO	6	4	4	19827,53	14439,20	5454,42	48870,48	3304,59	9294,47	3195,17	60415,54	15794,23	13284,71
	7	4	4	26778,49	10240,87	6086,20	40778,75	4463,08	6138,31	3665,06	50651,94	14266,45	
	8	4	3	2659,85	16000,06	4604,78	5594,97	332,48	6681,30	2779,67	28563,36	9793,45	
OTOÑO	9	2	2	4361,65	10319,99	3000,39	4684,65	363,47	6458,95	1966,05	26732,98	8788,47	4880,20
	10	2	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1954,11	392,33	9573,88	2346,45	
	11	0	0	0	0	0	0	0,00	2812,91	692,77	14121,03	3505,69	

En el punto H5, el periodo que más horas de sol directo presenta es en verano con 5 h de sol directo. Es en este periodo cuando se recoge el mayor valor de iluminancia directa con 48870 lx, en el mes de junio y también es en este mismo, mes cuando se recoge el mayor valor de iluminancia global (directa + difusa+ reflejada) con 60415 lx.

El pico de iluminancia total se alcanza verano con 14216lx (intensidad lumínica media) y el mínimo en invierno con 3518 lx (intensidad lumínica baja).

TABLA 5: Punto H5, datos de iluminancia.

Estación	Mes	Horas de sol incidente sobre la fachada		Medias de iluminancia de sol incidente sobre la fachada			Iluminancia Directa (EbT (lx))		Media Iluminancia Difusa (EdT (lx))	Media Iluminancia Reflejada (EgT (lx))	Iluminancia Global (ET (lx))		MEDIA ILUMINANCIA TOTAL (lx)
		Teóricas	Reales	EbT (lx)	EdT (lx)	EgT (lx)	Máxima	Media			Máxima	Media	
INVIERNO	12	0	0	0	0	0	0,00	0,00	2000,96	639,60	13384,16	2640,56	3518,43
	1	1	0	0	0	0	0,00	0	2640,39	761,05	16193,85	3401,44	
	2	1	1	1747,13	4610,40	1173,45	1747,13	72,80	2668,51	1771,98	16657,78	4513,29	
PRIMAVERA	3	3	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3596,05	754,27	17003,40	4350,32	7657,46
	4	3	3	13460,20	8481,38	3683,86	16035,19	1682,52	7150,17	2597,32	30446,37	11430,02	
	5	4	4	2670,45	13866,51	2984,53	8320,06	445,07	5563,60	1183,36	22885,99	7192,03	
VERANO	6	4	4	22823,78	12414,95	4701,11	48870,48	4754,95	9294,47	3195,17	60415,54	17244,60	14216,21
	7	5	5	27874,54	10240,87	6086,20	40778,75	5807,20	6138,31	3665,06	50651,94	15610,57	
	8	4	3	2659,85	16000,06	4604,78	5594,97	332,48	6681,30	2779,67	28563,36	9793,45	
OTOÑO	9	3	3	8410,02	7975,25	2352,61	16506,78	1051,25	6458,95	1966,05	26732,98	9476,25	5109,46
	10	2	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1954,11	392,33	9573,88	2346,45	
	11	0	0	0	0	0	0	0,00	2812,91	692,77	14121,03	3505,69	

En el punto H6, el periodo que más horas de sol directo presenta es en verano con 5 h de sol directo. Es en este periodo cuando se recoge el mayor valor de iluminancia directa con 48870 lx, en el mes de junio y también es en este mismo, mes cuando se recoge el mayor valor de iluminancia global (directa + difusa+ reflejada) con 60415 lx.

El pico de iluminancia total se alcanza verano con 14216, lx (intensidad lumínica media) y el mínimo en invierno con 3518 lx (intensidad lumínica baja).

TABLA 6: Punto H6, datos de iluminancia.

Estación	Mes	Horas de sol incidente sobre la fachada		Medias de iluminacia de sol incidente sobre la fachada			Iluminancia Directa (EbT (lx))		Media Iluminancia Difusa (EdT (lx))	Media Iluminancia Reflejada (EgT (lx))	Iluminancia Global (ET (lx))		MEDIA ILUMINANCIA TOTAL (lx)
		Teóricas	Reales	EbT (lx)	EdT (lx)	EgT (lx)	Máxima	Media	Máxima	Media			
INVIERNO	12	0	0	0	0	0	0,00	0,00	2000,96	639,60	13384,16	2640,56	3518,43
	1	0	0	0	0	0	0,00	0	2640,39	761,05	16193,85	3401,44	
	2	1	1	1747,13	4610,40	1173,45	1747,13	72,80	2668,51	1771,98	16657,78	4513,29	
PRIMAVERA	3	3	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3596,05	754,27	17003,40	4350,32	7657,46
	4	3	3	13460,20	8481,38	3683,86	16035,19	1682,52	7150,17	2597,32	30446,37	11430,02	
	5	4	4	2670,45	13866,51	2984,53	8320,06	445,07	5563,60	1183,36	22885,99	7192,03	
VERANO	6	4	4	22823,78	12414,95	4701,11	48870,48	4754,95	9294,47	3195,17	60415,54	17244,60	14216,21
	7	5	5	27874,54	10240,87	6086,20	40778,75	5807,20	6138,31	3665,06	50651,94	15610,57	
	8	4	3	2659,85	16000,06	4604,78	5594,97	332,48	6681,30	2779,67	28563,36	9793,45	
OTOÑO	9	3	3	8410,02	7975,25	2352,61	16506,78	1051,25	6458,95	1966,05	26732,98	9476,25	5109,46
	10	2	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1954,11	392,33	9573,88	2346,45	
	11	0	0	0	0	0	0	0,00	2812,91	692,77	14121,03	3505,69	

En el punto H7, el periodo que más horas de sol directo presenta es en verano con 5 h de sol directo. Es en este periodo cuando se recoge el mayor valor de iluminancia directa con 48870 lx, en el mes de junio y también es en este mismo, mes cuando se recoge el mayor valor de iluminancia global (directa + difusa+ reflejada) con 60415 lx.

El pico de iluminancia total se alcanza verano con 14216 lx (intensidad lumínica media) y el mínimo en invierno con 3518 lx (intensidad lumínica baja).

TABLA 7: Punto H7, datos de iluminancia.

Estación	Mes	Horas de sol incidente sobre la fachada		Medias de iluminacia de sol incidente sobre la fachada			Iluminancia Directa (EbT (lx))		Media Iluminancia Difusa	Media Iluminancia Reflejada	Iluminancia Global (ET (lx))		MEDIA ILUMINANCIA TOTAL (lx)
		Teóricas	Reales	EbT (lx)	EdT (lx)	EgT (lx)	Máxima	Media	(EdT (lx))	(EgT (lx))	Máxima	Media	
INVIERNO	12	0	0	0	0	0	0,00	0,00	2000,96	639,60	13384,16	2640,56	3518,43
	1	1	0	0	0	0	0,00	0	2640,39	761,05	16193,85	3401,44	
	2	1	1	1747,13	4610,40	1173,45	1747,13	72,80	2668,51	1771,98	16657,78	4513,29	
PRIMAVERA	3	3	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3596,05	754,27	17003,40	4350,32	8118,83
	4	3	3	13460,20	8481,38	3683,86	16035,19	1682,52	7150,17	2597,32	30446,37	11430,02	
	5	5	5	8780,21	11931,91	2667,54	33219,24	1829,21	5563,60	1183,36	38812,35	8576,17	
VERANO	6	4	4	22823,78	12414,95	4701,11	48870,48	4754,95	9294,47	3195,17	60415,54	17244,60	14216,21
	7	5	5	27874,54	10240,87	6086,20	40778,75	5807,20	6138,31	3665,06	50651,94	15610,57	
	8	5	3	2659,85	16000,06	4604,78	5594,97	332,48	6681,30	2779,67	28563,36	9793,45	
OTOÑO	9	3	3	8410,02	7975,25	2352,61	16506,78	1051,25	6458,95	1966,05	26732,98	9476,25	5109,46
	10	2	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1954,11	392,33	9573,88	2346,45	
	11	0	0	0	0	0	0	0,00	2812,91	692,77	14121,03	3505,69	

En el punto H8, el periodo que más horas de sol directo presenta es en verano con 5 h de sol directo. Es en este periodo cuando se recoge el mayor valor de iluminancia directa con 48870 lx, en el mes de junio y también es en este mismo, mes cuando se recoge el mayor valor de iluminancia global (directa + difusa+ reflejada) con 60415 lx.

El pico de iluminancia total se alcanza verano con 14216 lx (intensidad lumínica media) y el mínimo en invierno con 3518 lx (intensidad lumínica baja).

TABLA 8: Punto H8, datos de iluminancia.

Estación	Mes	Horas de sol incidente sobre la fachada		Medias de iluminancia de sol incidente sobre la fachada			Iluminancia Directa (EbT (lx))		Media Iluminancia Difusa (EdT (lx))	Media Iluminancia Reflejada (EgT (lx))	Iluminancia Global (ET (lx))		MEDIA ILUMINANCIA TOTAL (lx)
		Teóricas	Reales	EbT (lx)	EdT (lx)	EgT (lx)	Máxima	Media	Máxima	Media			
INVIERNO	12	0	0	0	0	0	0,00	0,00	2000,96	639,60	13384,16	2640,56	3518,43
	1	1	0	0	0	0	0,00	0	2640,39	761,05	16193,85	3401,44	
	2	1	1	1747,13	4610,40	1173,45	1747,13	72,80	2668,51	1771,98	16657,78	4513,29	
PRIMAVERA	3	3	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3596,05	754,27	17003,40	4350,32	8118,83
	4	3	3	13460,20	8481,38	3683,86	16035,19	1682,52	7150,17	2597,32	30446,37	11430,02	
	5	5	5	8780,21	11931,91	2667,54	33219,24	1829,21	5563,60	1183,36	38812,35	8576,17	
VERANO	6	4	4	22823,78	12414,95	4701,11	48870,48	4754,95	9294,47	3195,17	60415,54	17244,60	14216,21
	7	5	5	27874,54	10240,87	6086,20	40778,75	5807,20	6138,31	3665,06	50651,94	15610,57	
	8	5	3	2659,85	16000,06	4604,78	5594,97	332,48	6681,30	2779,67	28563,36	9793,45	
OTOÑO	9	3	3	8410,02	7975,25	2352,61	16506,78	1051,25	6458,95	1966,05	26732,98	9476,25	5109,46
	10	2	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1954,11	392,33	9573,88	2346,45	
	11	0	0	0	0	0	0	0,00	2812,91	692,77	14121,03	3505,69	

En el punto H9, el periodo que más horas de sol directo presenta es en verano con 5 h de sol directo. Es en este periodo cuando se recoge el mayor valor de iluminancia directa con 48870 lx, en el mes de junio y también es en este mismo, mes cuando se recoge el mayor valor de iluminancia global (directa + difusa+ reflejada) con 60415 lx.

El pico de iluminancia total se alcanza verano con 14216 lx (intensidad lumínica media) y el mínimo en invierno con 3518 lx (intensidad lumínica baja).

TABLA 9: Punto H9, datos de iluminancia.

Estación	Mes	Horas de sol incidente sobre la fachada		Medias de iluminacia de sol incidente sobre la fachada			Iluminancia Directa (EbT (lx))		Media Iluminancia Difusa (EdT (lx))	Media Iluminancia Reflejada (EgT (lx))	Iluminancia Global (ET (lx))		MEDIA ILUMINANCIA TOTAL (lx)
		Teóricas	Reales	EbT (lx)	EdT (lx)	EgT (lx)	Máxima	Media	Máxima	Media			
INVIERNO	12	0	0	0	0	0	0,00	0,00	2000,96	639,60	13384,16	2640,56	3518,43
	1	1	0	0	0	0	0,00	0	2640,39	761,05	16193,85	3401,44	
	2	2	1	1747,13	4610,40	1173,45	1747,13	72,80	2668,51	1771,98	16657,78	4513,29	
PRIMAVERA	3	3	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3596,05	754,27	17003,40	4350,32	8118,83
	4	3	3	13460,20	8481,38	3683,86	16035,19	1682,52	7150,17	2597,32	30446,37	11430,02	
	5	5	5	8780,21	11931,91	2667,54	33219,24	1829,21	5563,60	1183,36	38812,35	8576,17	
VERANO	6	6	5	22823,78	12414,95	4701,11	48870,48	4754,95	9294,47	3195,17	60415,54	17244,60	14216,21
	7	5	5	27874,54	10240,87	6086,20	40778,75	5807,20	6138,31	3665,06	50651,94	15610,57	
	8	5	3	2659,85	16000,06	4604,78	5594,97	332,48	6681,30	2779,67	28563,36	9793,45	
OTOÑO	9	3	3	8410,02	7975,25	2352,61	16506,78	1051,25	6458,95	1966,05	26732,98	9476,25	5109,46
	10	2	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1954,11	392,33	9573,88	2346,45	
	11	1	0	0	0	0	0	0,00	2812,91	692,77	14121,03	3505,69	

En el punto H10, el periodo que más horas de sol directo presenta es en verano con 5 h de sol directo. Es en este periodo cuando se recoge el mayor valor de iluminancia directa con 48870 lx, en el mes de junio y también es en este mismo, mes cuando se recoge el mayor valor de iluminancia global (directa + difusa+ reflejada) con 60415 lx.

El pico de iluminancia total se alcanza verano con 14216 lx (intensidad lumínica media) y el mínimo en invierno con 3518 lx (intensidad lumínica baja).

TABLA 10: Punto H10, datos de iluminancia.

Estación	Mes	Horas de sol incidente sobre la fachada		Medias de iluminancia de sol incidente sobre la fachada			Iluminancia Directa (EbT (lx))		Media Iluminancia Difusa (EdT (lx))	Media Iluminancia Reflejada (EgT (lx))	Iluminancia Global (ET (lx))		MEDIA ILUMINANCIA TOTAL (lx)
		Teóricas	Reales	EbT (lx)	EdT (lx)	EgT (lx)	Máxima	Media			Máxima	Media	
INVIERNO	12	0	0	0	0	0	0,00	0,00	2000,96	639,60	13384,16	2640,56	3518,43
	1	1	0	0	0	0	0,00	0	2640,39	761,05	16193,85	3401,44	
	2	2	1	1747,13	4610,40	1173,45	1747,13	72,80	2668,51	1771,98	16657,78	4513,29	
PRIMAVERA	3	3	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3596,05	754,27	17003,40	4350,32	8118,83
	4	3	3	13460,20	8481,38	3683,86	16035,19	1682,52	7150,17	2597,32	30446,37	11430,02	
	5	5	5	8780,21	11931,91	2667,54	33219,24	1829,21	5563,60	1183,36	38812,35	8576,17	
VERANO	6	5	5	22823,78	12414,95	4701,11	48870,48	4754,95	9294,47	3195,17	60415,54	17244,60	14216,21
	7	5	5	27874,54	10240,87	6086,20	40778,75	5807,20	6138,31	3665,06	50651,94	15610,57	
	8	5	3	2659,85	16000,06	4604,78	5594,97	332,48	6681,30	2779,67	28563,36	9793,45	
OTOÑO	9	3	3	8410,02	7975,25	2352,61	16506,78	1051,25	6458,95	1966,05	26732,98	9476,25	5109,46
	10	2	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1954,11	392,33	9573,88	2346,45	
	11	1	0	0	0	0	0	0,00	2812,91	692,77	14121,03	3505,69	

Como se puede observar no hay diferencias de iluminancia entre los puntos H1, H2, H3 y H4 que presentan la misma iluminancia.

Lo mismo ocurre con los puntos H5, H6, H7, H8, H9, H10.

Solo encontramos diferencias significativas entre los puntos situados en la cúpula (H7, H8, H9, H10) y los situados en la parte baja de la fachada (H1, H2, H3, H4).

TABLA 11: Comparativa de datos recogidos.

PUNTO	ESTACIÓN	MEDIA ILUMINANCIA TOTAL (lx)
H1	INVIERNO	3518,43
	PRIMAVERA	7515,78
	VERANO	13284,71
	OTOÑO	4880,20
H2	INVIERNO	3494,17
	PRIMAVERA	7657,46
	VERANO	13284,71
	OTOÑO	4880,20
H3	INVIERNO	3518,43
	PRIMAVERA	7657,46
	VERANO	13284,71
	OTOÑO	4880,20
H4	INVIERNO	3518,43
	PRIMAVERA	7657,46
	VERANO	13284,71
	OTOÑO	4880,20
H5	INVIERNO	3518,43
	PRIMAVERA	7657,46
	VERANO	14216,21
	OTOÑO	5109,46
H6	INVIERNO	3518,43
	PRIMAVERA	7657,46
	VERANO	14216,21
	OTOÑO	5109,46
H7	INVIERNO	3518,43
	PRIMAVERA	8118,83
	VERANO	14216,21
	OTOÑO	5109,46
H8	INVIERNO	3518,43
	PRIMAVERA	8118,83
	VERANO	14216,21
	OTOÑO	5109,46
H9	INVIERNO	3518,43
	PRIMAVERA	8118,83
	VERANO	14216,21
	OTOÑO	5109,46
H10	INVIERNO	3518,43
	PRIMAVERA	8118,83
	VERANO	14216,21
	OTOÑO	5109,46

TABLA 12: Medias de iluminancia por estación.

MEDIA INVIERNO TOTAL lx	MEDIA PRIMAVERA TOTAL lx	MEDIA VERANO TOTAL lx	MEDIA OTOÑO TOTAL lx
3516,00	7827,84	13843,61	5017,76

A continuación, se adjunta una tabla de clasificación del tipo de intensidad en función de la cantidad de luxes recogidos.

Como puede observarse la fachada objeto de estudio, durante las estaciones de primavera, verano y parte del otoño, se encontraría clasificada dentro del tipo de intensidad media con un nivel entre los 400 y 20000 lux. A este tipo de intensidad lumínica pueden adaptarse todo tipo de plantas desde las de sombra, semisombra y las de sol, que no presenten una exposición a pleno sol.

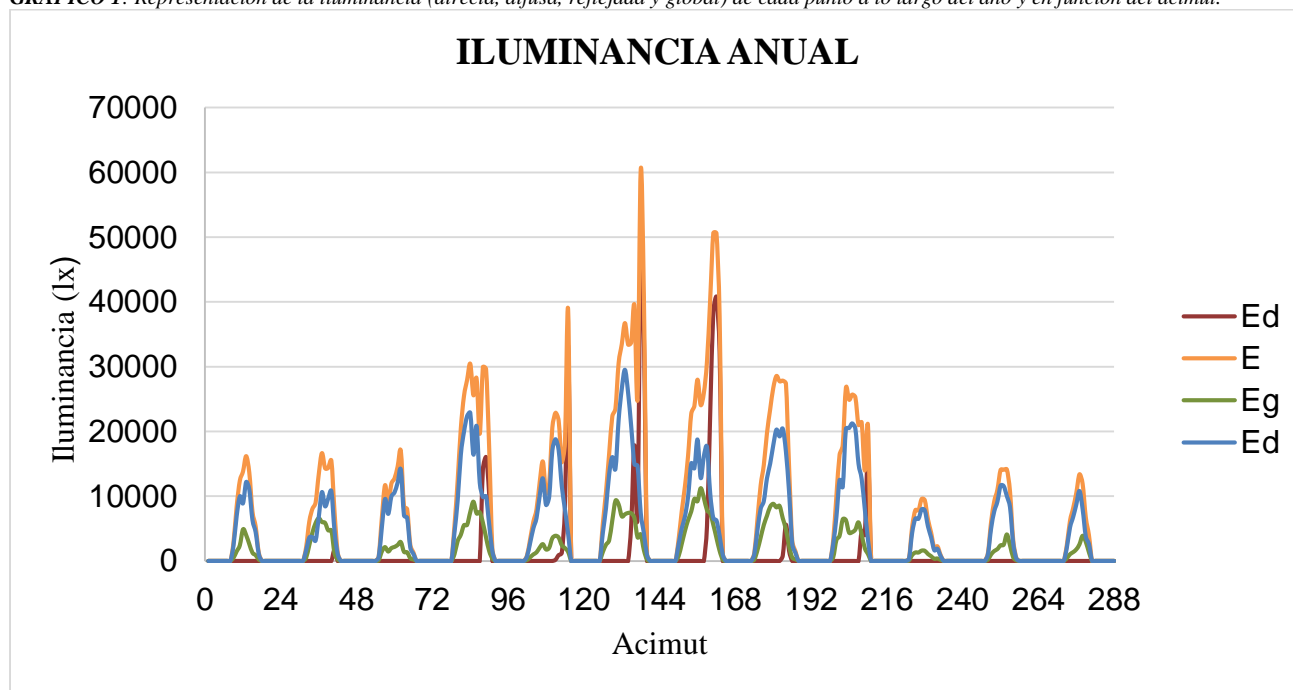
Por el contrario, los meses invernales se encontrarían dentro del tipo de intensidad baja. Característica de plantas de sombra parcial y total.

Es por ello que la selección de planta será una combinación de plantas de sombra y media sombra con algunas especies seleccionadas de sol, pero que no precisen una exposición directa.

TABLA 13: Clasificación del tipo de intensidad lumínica en luxes.

TIPO DE INTENSIDAD	LUXES
Baja	0-400
Media	400-20000
Alta	20000-100000

En el **GRÁFICO 1**, puede observarse de forma global la iluminancia recibida por cada punto desglosada (directa, reflejada, difusa y global) en función del acimut del punto muestreado.

GRAFICO 1: Representación de la iluminancia (directa, difusa, reflejada y global) de cada punto a lo largo del año y en función del acimut.

ANEJO 3

ESTUDIO DE CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO

ANEJO 3: ESTUDIO DE CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO

1. BIBLIOGRAFÍA

- FAO.(2008) Hand book of pressurized irrigation techniques. Capítulo 7.
- J. Carrazón Alocén (2007). *Manual práctico para el diseño de sistemas de minirriego*. Junio2,2016 de Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación (FAO). Sitio web:
- Mancomunidad de la comarca de Pamplona.
- Gonzalo Pérez Melian. Interpretación de un análisis de riego 2006. Departamento de química agrícola e hidroponía. Vol. 1.N-4
- T. A Bauder, R.M Waskom, P. L Sutherland y J.G. Davis.2011. Colorado State University. Irrigation water quality criteria. Sitio web:
https://www.google.com/url?q=http://www.fao.org/docrep/010/a1336e/a1336e00.htm&sa=U&ved=0ahUKEwiw5NuO9aTNAhWGJJJoKHYwDC_EQFggEMAA&client=internal-uds-cse&usg=AFQjCNHxIMqnfdOt0eZ9S-E0OHM3UZFsBA

2. PROCEDENCIA DE LOS DATOS

El agua que abastecerá el sistema de fertirrigación procederá de la red general de abastecimiento de la Mancomunidad de la Comarca de Pamplona.

La analítica ha sido realizada por la propia Mancomunidad, tomándose la muestra en el punto 364- Arrosadía, el cual es el representativo del agua de abastecimiento de todo el Campus Universitario.

Los envases empleados para el muestreo han sido de dos tipos:

Botella de vidrio topacio de 1 Litro (No preservada)

Botella de vidrio transparente de 1 Litro (Preservada con Tiosulfato sódico).

Análisis realizado en ENAC ENSAYOS N° 212/LE/463, para Mancomunidad Comarca de Pamplona, Servicios de la comarca de Pamplona s.a.

3. FACTORES LIMITANTES

EL estudio de la calidad del agua dedicada al riego resulta fundamental para realizar una adecuada elección de las especies, del método de riego y su manejo.

El tipo de sales y su concentración resulta determinante a la hora de realizar un cultivo, ya que el uso de aguas salinas puede causar los siguientes problemas:

- Salinización del sustrato: La acumulación de sales solubles en el medio de cultivo produce una disminución en la disponibilidad de agua para la planta. En el caso objeto de estudio, son el geotextil junto con el *Sphagnum sp*, los que sirve de soporte para la planta, por lo tanto, la salinidad no sólo afectará a la disponibilidad de agua del cultivo, sino que también puede acelerar los procesos de deterioro de los materiales.
- Permeabilidad: La estructura del suelo y por tanto su capacidad para retener el agua, puede verse afectada por la presencia de altos niveles de sodio y bajos en calcio.
- Toxicidad de iones específicos: Se da cuando sales de cloro, sodio y boro se acumulan en cantidad suficiente, resultando tóxicas para las plantas. El nivel de tolerancia dependerá de la especie.

- Obstrucciones: El exceso de sales produciría obstrucciones en las tuberías exudantes.

4. RESULTADOS DEL ANÁLISIS

El análisis adjunto ha sido realizado por ENAC ENSAYOS N° 212/LE/463, para Mancomunidad Comarca de Pamplona, Servicios de la comarca de Pamplona s.a.

TABLA 14: Datos de análisis

REMITIDO POR	Mancomunidad Comarca de Pamplona
TIPO DE MUESTRA	Agua de Red de distribución
PUNTO DE MUESTREO	634-Arrosadía
FECHA DE ANÁLISIS	09/10/2015
Muestra tomada por SCPSA según PO/LCA/0001. Análisis realizado por: ENAC Ensayos N°212/LE/463	

TABLA 15: Resultados de análisis.

PARÁMETRO	VALOR	UNIDADES	LEGISLACIÓN PERMITIDO	MAX.
Conductividad	309	μS/cm	2500	
pH	7.8		6.5-9.5	
Carbono orgánico total	0.57	mg/l	-	
Amonio	0.10	mg/l	0.5	
Alcalinidad	14.6	°F	-	
Cianuro total	<5	μg/l	50	
Fluoruro	<0.1	mg/l	1.5	
Cloruro	13	mg/l	250	
Nitratos	3.2	mg/l	50	
Nitritos	<0.05	mg/l	0.5	
Sulfato	9.4	mg/L	250	
Fosfato	Z0.1	mg PO4/l	-	
Bromato	<4	μg/l	10	
Bromuro	<0.004	μg/l	-	
Clorito	<4	μg/L	-	
Clorato	16	μg/l	-	
Aluminio	42	μg/l	200	
Manganeso	<1	μg/l	50	
Hierro	<10	μg/l	200	
Cobre	<0.05	mg/l	2.0	
Cadmio	<1	μg/l	5	
Plomo	<1	μg/l	10	
Cromo	<1	μg/l	50	
Níquel	<5	μg/l	20	
Arsénico	<1	μg/l	10	

PARÁMETRO	VALOR	UNIDADES	LEGISLACIÓN MAX. PERMITIDO
Antimonio	<1	µg/l	5
Boro	<0.05	mg/l	1
Bario	12	µg/l	-
Cobalto	<1	µg/l	-
Estroncio	211	µg/l	-
Selenio	<2	µg/l	10
Sílice	1.5	mg/l	-
Zinc	<5	µg/l	-
Mercurio	<0.3	µg/l	1
Sodio	6.4	mg/l	200
Potasio	0.58	mg/l	-
Calcio	55	mg/l	-
Magnesio	5.6	mg/l	-
Fósforo	<0.025	mg/l	-
Dureza total	16.00	°F	-
Índice de Langelier	0.30	mg/l	-0.5 y 0.5
Cloroformo	13	µg/l	100
Bromoformo	<0.2	µg/l	-
Dibromoclorometano	1.9	µg/l	-
Bromodichlorometano	<0.2	µg/l	-
Trihalometanos	15	µg/l	100
Tricloroeteno	<0.2	µg/l	-
Tetracloroeteno	<0.2	µg/l	-
Tricloroeteno+Tetracloroeteno	<0.2	µg/l	10
1,2-Dicloroetano	<0.2	µg/l	3
Benceno	<0.2	µg/l	1
Benzo (a)pireno	<0.005	µg/l	0.01
Benzo(k)fluoranteno	<0.005	µg/l	-
Benzo(ghi)perileno	<0.005	µg/l	-
Indeni(1,2,3-cd)pireno	<0.005	µg/l	-
Suma de Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos	<0.010	µg/L	0.1
Recuento de bacterias coliformes	0	NMP/100ml	-
Recuento E.coli β-glucuronidasa+	0	NMP/100ml	-
Recuento de enterococos	0	UFC/100ml	-
Clostridium perfringens	0	UFC/100ml	-
Recuento de colonias a 22°C	0	UFC/ml	100
Recuento de colonias a 37 °C	0	UFC/ml	100
Temperatura	19.5	°C	-

5. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

5.1 EL pH.

Se consideran normales los valores de pH que oscilan entre 6.5 y 8.5, en nuestro caso el agua muestreada presenta un valor de 7.8, muy cercano al valor de pH neutro.

5.2 CONTENIDO DE SALES.

Se considerará la salinidad en función de cuatro factores, (FAO,2007):

- El tipo de sal.
- La clase de suelo.
- El clima.
- El cultivo.

En este caso la clase de suelo no será un factor determinante, pero si habrá que tener en cuenta el resto de factores.

Para la determinación de la salinidad en el agua de riego se pueden emplear dos procedimientos:

- Medida del contenido de sales (SD), se suele expresar en meq/l.
- Medida de conductividad eléctrica (CE), expresado en dS/m. Los datos de laboratorio recibidos han empleado este tipo de medida, expresando los resultados en $\mu\text{S/cm}$.

Para evaluar el grado de salinidad del agua riego se empleará la siguiente tabla adjunta, publicada por la (FAO,2007).

TABLA 16: Grado de restricción para la utilización del agua en función de la salinidad.

PARÁMETRO	NINGUNA	DE LIGERA A MODERADA	SEVERA
CE (dS/m)	<0.7	0.7-3.0	>3.0
SD (mg/L)	<450	450-2000	>2000

Fuente: FAO

En el caso objeto de estudio, la muestra presenta un valor de CE de 309 $\mu\text{S/cm}$ que se traduce en 0.309 dS/m por lo que encontramos que respecto de la conductividad eléctrica nuestra muestra no presenta ningún tipo de restricción.

El contenido total de sales y la conductividad eléctrica (ec.1) están relacionados por la siguiente ecuación:

$$C = 0.64 * CE \quad (11)$$

En la que:

C: Contenido en sales total (ppm).

CE: Conductividad eléctrica ($\mu\text{S/cm}$).

En el caso objeto de estudio tenemos que:

$$C = 0.64 * 309 = 197.76 \text{ ppm} = 0.19776 \text{ g/L}$$

El contenido límite establecido para un agua de rego es de 1g/l, por lo tanto, se considera un valor muy alejado de este máximo permitido y como conclusión que el nivel de sales es muy bajo.

5.3 CLORURO

El límite de tolerancia establecido para el cloruro para aguas destinadas a riego es de 0.5 g/ l.

En nuestro caso a muestra presenta un valor de 13 mg/l, que se traduce en 0.013 g/l, muy por debajo del valor límite.

Se considera que el nivel de cloruro no será un factor limitante.

5.4 POTASIO (K)

Elemento de importancia por su aportación a la fertilidad del suelo y nutriente de las plantas.

En la muestra se presenta en unas concentraciones de 5.8 mg/l.

5.5 SODIO (Na)

Elemento principal en la producción de toxicidades en las plantas y salinizador del suelo.

Su nivel máximo se establece en los 0.3 g/l.

En nuestro caso la muestra presenta un nivel de 6.4 mg/L que se traduce en $6.4 \cdot 10^{-3}$ g/l de Na.

Por lo tanto, los niveles se encuentran muy por debajo de los límites máximos establecidos, considerándose que el Na no es un factor limitante.

5.6 SULFATO

El sulfato es un compuesto que produce corrosiones en las conducciones en mayor o menor medida dependiendo de su concentración.

El límite de tolerancia máxima establecida para este compuesto es de 300 mg/l.

En la muestra analizada su concentración es de 9.4 mg/l.

5.7 RELACIÓN DE ABSORCIÓN DE SODIO (RAS)

Para evaluación la infiltración de un medio de cultivo se emplea el índice de infiltración RAS (relación de absorción de sodio) (ec.12), que viene definido por la siguiente fórmula:

$$RAS = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}} \quad (12)$$

El RAS hace referencia a la proporción relativa en la que se encuentra el Na⁺ frente a Ca⁺⁺ y Mg⁺⁺, este índice nos da una idea de la presencia de cada catión en la composición iónica del agua.

En nuestra muestra el contenido de RAS es el que se muestra a continuación:

$$RAS = \frac{0.278}{\sqrt{\frac{2.75 + 0.47}{2}}} = 0.219 \text{ meq/L}$$

TABLA 17: Grado de limitación en función del índice Ras, en aguas para riego. **FUENTE:** FAO.

VALORACIÓN	S.A.R.	OBSERVACIONES
Ninguno	<3	Sin restricciones en el uso del agua
Ligero a moderado	3-9	<ul style="list-style-type: none"> De 3-6 ciertos cuidados a tener en cuenta en cultivos vulnerables De 6-8 se debe usar yeso. No utilizar cultivos sensibles. Los suelos deben ser sometidos a muestreo y análisis cada uno o dos años para determinar si el agua es causante de un incremento de sodio
Agudo	>9	Daño severo. No conforme

5.8 DUREZA

La dureza hace referencia al contenido de Ca en el agua muestreada y es un indicador del nivel de riesgo de que se produzcan precipitados dentro de las conducciones.
En este caso el nivel de dureza de la muestra es de 16 °F.

TABLA 18: Grado de limitación en función de la dureza del agua. **FUENTE:** FAO.

TIPO DE AGUA	GRADOS HIDROTIMÉTRICOS FRANCESES (°F)
Muy dulce	<7
Dulce	7-14
Medianamente dulce	14-22
Medianamente dura	22-32
Dura	32-54
Muy dura	>54

Empleando de referencia la tabla adjuntase observa que el agua muestreada se encuentra dentro del rango de dureza catalogada como medianamente dulce.

5.9 TOXICIDAD

La presencia de sales en el suelo a determinadas concentraciones, aunque estas sean pequeñas puede resultar tóxicas para las plantas.

La toxicidad tiene lugar ya que la planta adsorbe determinados iones junto con el agua del suelo, estos se mueven por la planta por los procesos de transpiración y posteriormente se acumulan en las hojas produciendo daños.

Los iones que producen más comúnmente este tipo de problemas son el sodio, el boro y el cloruro.

Por ejemplo, un exceso de sodio produce deshidratación y quemaduras en los bordes de las hojas.

En el caso del cloruro esas quemaduras se manifiestan primero en las puntas de las hojas y posteriormente avanza por el borde.

El boro, el cual es tóxico a bajas concentraciones (0.6 mg/L), produce amarilleamiento de las hojas más viejas.

A continuación, se recogen dos tablas publicadas por la FAO, J. Carrazón Alocén (2007), en la primera se especifican las restricciones en el uso del agua de riego en función de la concentración de estos tres iones y en la segunda el riesgo de obstrucción al emplear riego localizado.

TABLA 19: Toxicidad por iones Na, Cl, B. **FUENTE:** FAO.

IÓN	PARÁMETRO	GRADO DE RESTRICCIÓN		
		NINGUNO	LIGERO A MODERADO	SEVERO
SODIO (Na ⁺): Absorción radicular Absorción foliar	RAS	<3	3-9	>9
	meq/l	<3	>4	-
Cloruro (Cl ⁻): Absorción radicular Absorción foliar	meq/l	<4	4-10	>10
	meq/l	<3	>3	-
Boro (B ⁻): Absorción radicular	meq/l meq/l	<0,7	0,7-3,0	>3,0

La concentración de Na⁺ presente en la muestra, como en el apartado 5.5 se especifica, es de 0.278 meq/l, por lo tanto, no supone ningún tipo de restricción ni para la absorción foliar ni para la radicular.

Respecto a la presencia de Cloruros, la concentración presente en la muestra es de 0.366 meq/l, por lo tanto, no supone ningún tipo de restricción ni para la absorción foliar ni para la radicular.

Finalmente, la concentración de boro en la muestra fue de 0.014 meq/l, por lo tanto, no supone ningún tipo de restricción ni para la absorción foliar ni para la radicular.

TABLA 20: Toxicidad por iones Na, Cl, B. **FUENTE:** FAO.

PROBLEMA POTENCIAL		RIESGO DE OBSTRUCCIONES		
		NINGUNO	MODERADO	GRAVE
Físicos	Sólidos en suspensión (mg/L)	<50	50-100	>100
Químicos	Sólidos disueltos (mg/l)	<500	500-2000	>2000
	pH	<7	7 a 8	>8
	Manganeso (mg/L)	<0,1	0,1-1,5	>1,5
	Hierro (mg/L)	<0,1	0,1-1,5	>1,5
	Ácido sulfhídrico (mg/L)	<0,5	0,5-2	>2
Biológicos	Poblaciones de bacterias (máx. n°/mL)	<10000	10000-50000	>50000

Respecto a los factores físicos en la analítica facilitada por la Mancomunidad no se refleja el contenido de sólidos en suspensión, sólo se hace referencia al nivel de turbidez del agua, con un valor < 0.2 UNF, siendo de 5 UNF el máximo permitido por la legislación.

Tampoco se detalla en la analítica el contenido de sólidos disueltos.

Como se menciona con anterioridad el nivel de pH es de 7.8 catalogado según la tabla anterior como un nivel moderado, respecto al nivel de obstrucción.

El contenido de Manganeso en la muestra ha sido <1 µg/L, lo que se traduce en 0.001 mg/L, por lo que no hay ningún riesgo de obstrucción.

En cuanto al contenido de hierro presenta <10 µg/L, lo que se traduce en 0.01mg/L, por lo que respecto al hierro tampoco hay ningún riesgo de obstrucción.

Al ser un agua para consumo humano no se espera que haya presencia de ácido sulfhídrico.

Finalmente, no se han hallado en la muestra presencia de poblaciones de bacterias.

6. CALIFICACIÓN DEL AGUA MUESTREADA

A continuación, se recoge a modo de resumen los valores más significativos de la muestra de agua analizada.

TABLA 21: Resultados de análisis de agua.

REMITIDO POR	Mancomunidad Comarca de Pamplona				
TIPO DE MUESTRA	Agua de Red de distribución				
PUNTO DE MUESTREO	634-Arrosadía				
FECHA DE ANÁLISIS	09/10/2015				
RESULTADOS DE LABRATORIO					
CE: 309 µS/cm			pH: 7,8		
ANIONES	mg/L	meq/L	CATIONES	mg/L	meq/L
Cloruro	13	0,36619718	Sodio	6,4	0,27826087
Sulfato	9,4	0,19583333	Potasio	0,58	0,01483376
Carbonato	-	-	Calcio	55	2,75
Bicarbonato	-	-	Magnesio	5,6	0,45901639
Nitrato	3,2	0,0516129	Boro	<0,05	

7. DIRECRICES DE LA FAO PARA LA INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS

A continuación, se recogen los datos obtenidos empleando para su interpretación las directrices de la FAO, se exponen en formato tabla, para facilitar su visualización:

TABLA 22: Clasificación del agua muestreada según directrices de la FAO.

PROBLEMA POTENCIAL	VALOR	GRADO DE RESTRICCIÓN
pH	7.8	Moderado
Conductividad eléctrica (CE)	0.309 dS/L	Ninguna restricción
Contenido de sales (C)	0.198 g/L	Ninguna restricción
Cloruro	0.013 g/L	Ninguna restricción
Potasio	5.8 mg/L	Ninguna restricción
Sodio	6.4*10 ⁻³ g/L	Ninguna restricción.
Sulfato	9.4 mg/L	Ninguna restricción
Relación de absorción de sodio (RAS)	0.219 meq/L	Ninguna restricción
Dureza	16 °F	Medianamente dulce
Toxicidad		
	VALOR	GRADO DE RESTRICCIÓN
Sodio		
Riego por superficie (RAS)	0.219 meq/L	Ningún grado de restricción
Riego por aspersión (meq/L)	0.278 meq/L	Ningún grado de restricción
Cloro		
Riego por superficie (meq/L)	0.013 g/L	Ningún grado de restricción
Riego por aspersión (meq/L)	0.013 g/L	Ningún grado de restricción
Boro	0.05 mg/L	Ningún grado de restricción
Nitrógeno	3.2 mg/L	Ningún grado de restricción

8. CONCLUSIONES

Por lo tanto, podemos considerar que es un agua de muy buena calidad que no presenta ningún tipo de restricción para su empleo en fertirrigación.

ANEJO 4

ESTUDIO CLIMÁTICO

ANEJO 4: ESTUDIO CLIMÁTICO

1. BIBLIOGRAFÍA

- Meteorología y climatología de navarra. *Estación manual Pamplona MAN*. Sitio web: <http://meteo.navarra.es/estaciones/estacion.cfm?IDEstacion=196>

2. ESTUDIO CLIMÁTICO

Para la elaboración del presente estudio climático se han tomado los datos de la estación manual Pamplona MAN, situada en la ciudad de Pamplona y con las siguientes referencias:

- Coordenadas UTM30N
 - Latitud: 4741482.
 - Longitud: 611310.
- Altitud: 450 m.
- Periodo de precipitación: 1880-2014.
- Periodo de temperatura: 1880-2014

El proyecto está situado en la ciudad de Pamplona, la cual se encuentra situada en la denominada zona media de Navarra, desde el punto de vista climático.

Esta área central de Navarra está formada por las cuencas prepirenaicas de Pamplona y Aoiz-Lumbier y el tramo más bajo de los valles pirenaicos.

En ella se dan climas de transición entre el oceánico del norte y el mediterráneo de la zona sur de la Comunidad.

La zona objeto de estudio se encuentra situada en el área comprendida por el tramo bajo de los valles pirenaicos y las cuencas prepirenaicas de Pamplona y Aoiz-Lumbier, exceptuando su extremo sur. Esta área se caracteriza por tener un clima de tipo marítimo de costa occidental Cf2b con dos meses relativamente secos, según la clasificación de Köppen.

A continuación, se incluye un mapa en el que se detallan los tipos de clima de la Comunidad Foral de Navarra en función de la clasificación de Köppen.

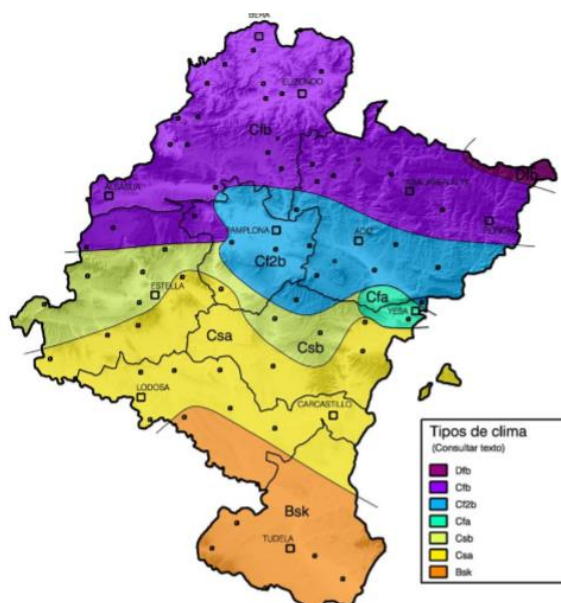


FIGURA 8: Clasificación climática según Köppen. **FUENTE:** Meteorología y climatología de Navarra.

Este clima oceánico se caracteriza, por ser de tipo templado con veranos frescos y dos meses secos. Las lluvias se encuentran repartidas a lo largo del año por lo que no se da una estación seca. Aunque se pueden encontrar meses en los que $P < 2T$.

Nos encontramos, por tanto, ante un clima de transición entre el clima oceánico, en los no hay meses secos, y el mediterráneo.

Según la clasificación de Papadakis esta área se encuentra englobada dentro del grupo climático Mediterráneo templado (húmedo), con un invierno de tipo avena (Av) y un verano tipo Maíz (m). Presenta un régimen hídrico mediterráneo húmedo (ME), cuya fórmula climática es AvMME.

A continuación, se incluye un mapa en el que se especifican las distintas clasificaciones climáticas según Papadakis en las diferentes zonas de la Comunidad Foral de Navarra.

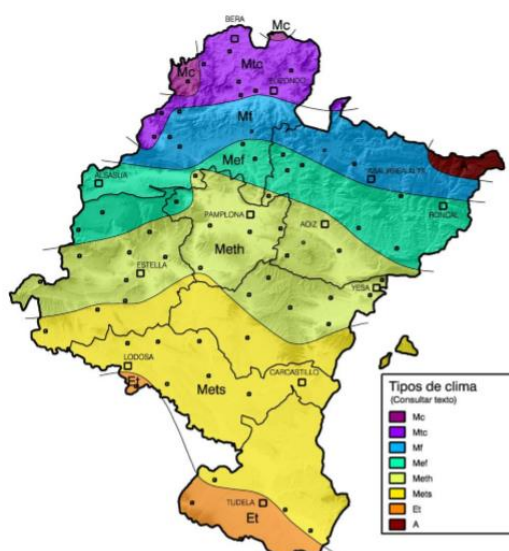


FIGURA 9: Clasificación climática según Papadakis. **FUENTE:** Meteorología y climatología de Navarra.

La precipitación máxima histórica en 24 h para un periodo de retorno de 10 años es de 73.7 mm. La fecha de la primera helada de otoño (fecha a partir de la cual la probabilidad de helada es de 10 %) es a partir del 28 de octubre y la fecha de la última helada de primavera (fecha a partir de la cual la probabilidad de helada es del 10 %) es a partir del 25 de abril.

TABLA 23: Valores climatológicos normales. **FUENTE:** Meteorología y climatología de Navarra.

PRÁMETRO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AÑO
Precipitación media(mm)	75,7	63,9	63,2	73,8	67,3	55,9	35,2	35,7	52,8	76,1	87,2	79,9	766,7
Precipitación maxima 24h (mm)	92	85	59,9	52	53,5	59,2	115,5	90,8	88,8	86	79	91,2	115,5
Días de lluvia	12,3	11,5	13,6	15,4	13,7	9,2	6,1	6,5	9	12,8	13,9	13,7	137,8
Días de nieve	2,6	2,3	1,5	0,7	0,1	0	0	0	0	0,1	0,7	1,6	9,5
Días de granizo	0,1	0,2	0,4	0,5	0,4	0,3	0,3	0,3	0,1	0,1	0,1	0	2,8
Temperatura max absoluta (°C)	19,5	25	30	30	35,6	38,5	40,2	40,6	38,8	30,4	27	21	40,6
Temperatura media de maximas (°C)	8,5	10,3	13,4	15,6	19,7	23,6	26,8	27,1	23,9	18,4	12,4	9,1	17,4
Temperatura media (°C)	4,8	6,1	8,6	10,7	14,2	17,8	20,4	20,7	18,1	13,5	8,5	5,6	12,4
Temperatura media de minimas(°C)	1,2	1,9	3,8	5,8	8,8	11,9	14,1	14,3	12,3	8,6	4,6	2,2	7,5
Temperatura media de min abs(°C)	-5,5	-4,3	-1,9	0,6	3	6,8	9,5	9,4	6,5	2,3	-1,6	-4,5	1,7
Temperatura minima abs(°C)	-18	-16,8	-9	-3,7	-1	3	5,5	4,8	1	-4,9	-10	-17	-18
Días de helada	11,8	9,1	4,2	1	0,1	0	0	0	0	0,3	3,9	9,4	39,6
ETP. Indice Thornthwaite (mm)	11,6	16	30,1	42,2	72,8	124,7	124,7	118,5	83,3	52,5	23	13	690,6

Durante el periodo estival (junio, julio y agosto) el clima suele ser generalmente cálido con temperaturas máximas 23.6-27.1°C, situándose la media entorno a los 28.8°C.

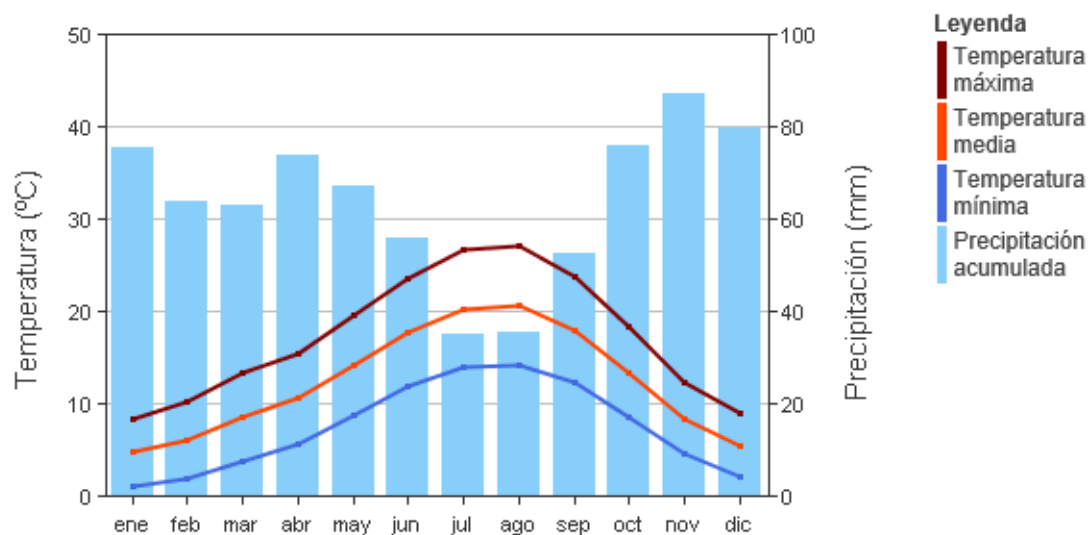
Es la estación más seca del año, con dos meses secos y precipitaciones que oscilan entre los 35.2-55.9 mm, muchas veces en forma de tormenta.

La probabilidad de granizo es muy baja con 0.3 días y nula la de heladas.

La insolación varía entre las 9- 10 h /día.

Es el periodo con mayores valores de ETP con valores entre 118.5-125mm, alcanzando el máximo en el mes de junio con 125 mm empleando el método Thornthwaite.

GRAFICO 2: Diagrama ombrotérmico. **FUENTE:** Meteorología y climatología de Navarra.



En otoño (septiembre, octubre, noviembre) las temperaturas descienden situándose las medias máximas en torno a los 12.4-23.9°C, siendo la media de 18.3 °C. Es en el mes de noviembre cuando el descenso es más acusado situándose las medias máximas de 12.4 °C,

Pudiéndose producir heladas nocturnas, principalmente en noviembre con 3.9 días de helada.

Este periodo suele coincidir con el periodo de mayor precipitación media de 72.03 mm, alcanzándose el máximo en el mes de noviembre con 87.2 mm.

La insolación media diaria en septiembre suele ser de 7 h y en noviembre se reduce a 3.9h.

En los meses de invierno (diciembre, enero y febrero), la temperatura mínima oscila entre los 1.8-2 °C y las máximas entre 9.3-9.5 °C.

Es el periodo con mayor probabilidad de heladas con una media de 10.3 días de helada siendo el mes de enero con 11.8 días el de mayor probabilidad.

También es el periodo en el que se producen más precipitaciones en forma de nieve siendo el mes de enero el de mayor incidencia con 2.6 días.

Periodo que presenta los valores más bajos del año de ETP, siendo el mínimo anual el del mes de enero con 11.6mm.

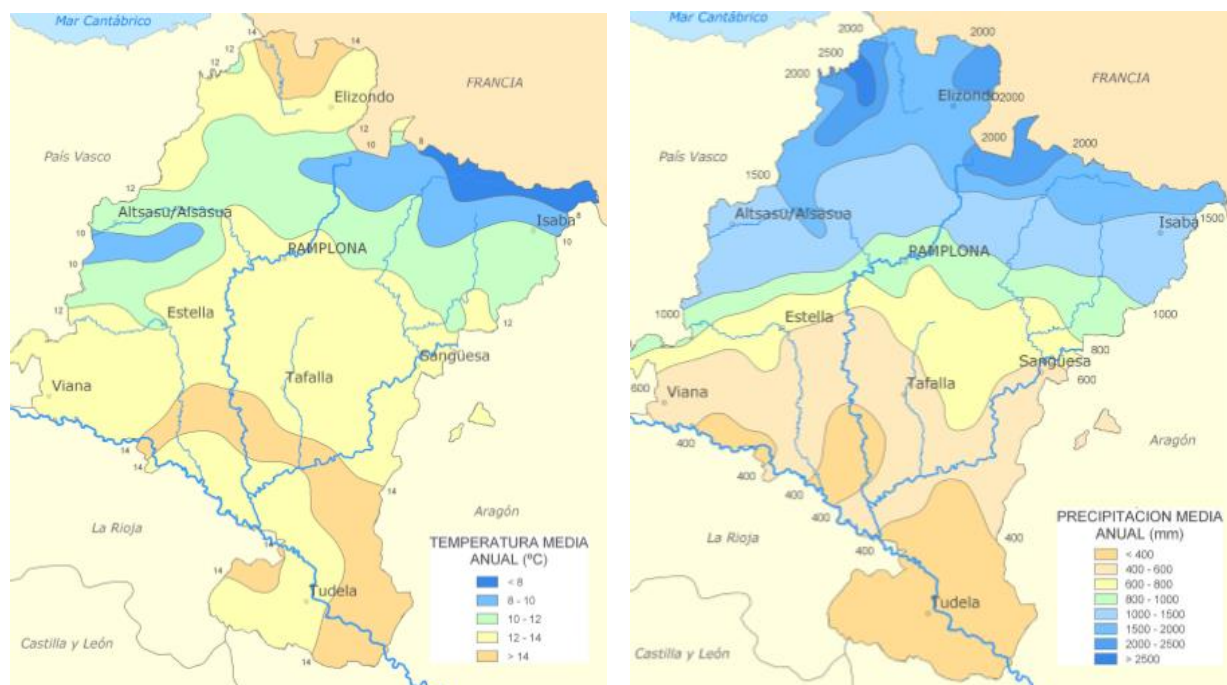


FIGURA 10: Mapa temperatura media anual y Mapa precipitación media anual **FUENTE:** Meteorología y climatología de Navarra.

ANEJO 5

ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

ANEJO 5: ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

1. BIBLIOGRAFÍA

- Verdtical Ecosistema S.L. (2013). Memoria técnica sistema; PRV-2 Verdtical Hidroponía. Marzo15,2015, de Verdtical Ecosistemas S.L Sitio web: <http://www.verdtical.com/sistema-prv-2/>
- Verdtical Ecosistema S.L. (2013). Pliego de condiciones técnicas particulares; PRV-2 Verdtical Hidroponía. Marzo18,2015, de Verdtical Ecosistemas S.L Sitio web: <http://www.verdtical.com/sistema-prv-2/>
- Verdtical Ecosistema S.L. (2013). Memoria técnica sistema; MSP-90 Verdtical. Marzo15,2015, de Verdtical Ecosistemas S.L Sitio web: <http://www.verdtical.com/sistema-prv-2/>
- Verdtical Ecosistema S.L. (2013). Pliego de condiciones técnicas particulares; MSP-90 Verdtical. Marzo18,2015, de Verdtical Ecosistemas S.L Sitio web: <http://www.verdtical.com/sistema-prv-2/>
- Urbanarbolismo. (2012). Proyecto de ejecución de obras de acondicionamiento térmico y acústico de las fachadas sur, este y norte, mediante una solución vegetal, del Palacio de congresos Europa, sito en la Avenida Gasteiz Nº 85, en Vitoria Gasteiz. Marzo15,2015, de Urbanarbolismo. Sitio web: <http://www.urbanarbolismo.es/blog/fachada-vegetal-del-palacio-de-congresos-de-vitoria-gasteiz/>
- Urbanarbolismo & Unusualgreen. (2012). Memoria técnica sistema F+P. Marzo15,2015, de Urbanarbolismo & Unusualgreen. Sitio web: <http://www.urbanarbolismo.es/blog/fachada-vegetal-del-palacio-de-congresos-de-vitoria-gasteiz/>
- Urbanarbolismo & Unusualgreen. (2012). Pliego de condiciones técnicas particulares sistema de ajardinamiento vertical F+P. Marzo15,2015, de Urbanarbolismo & Unusualgreen. Sitio web: <http://www.urbanarbolismo.es/blog/fachada-vegetal-del-palacio-de-congresos-de-vitoria-gasteiz/>
- D. Martínez. (2016). Biblioteca de la Universidad Pública de Navarra. Marzo12,2016, de David Martínez. Sitio web: <https://www.flickr.com/photos/dvidm/24421183376/>
- Aguirre. Beneficios de los jardines verticales. Marzo12,2016, de Academia. Sitio web: <http://www.academia.edu/6323319/Beneficios>
- Azkorra, Z., Pérez, G., Coma J., Cabeza L.F., Bures J.E., Erkoreka A. & Urrestarazu. (2015). Evaluation of green walls as a passive acoustic insulation system for buildings. Julio 25,2015, de ELSEVIER Sitio web: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003682X14002333>
- Portela JM., Viguela J.L., Pastor A., Huerta M.M. & Otero M. (2010). La certificación LEED, como cumplir con un conjunto de normas para la sostenibilidad en el proyecto de ingeniería. Marzo 14, 2016, de Asociación española de ingeniería mecánica. XVII Congreso nacional de ingeniería mecánica Sitio web: <http://www.uclm.es/actividades/2010/CongresoIM/pdf/cdarticulos/225.pdf>
- Datos de estaciones meteorológicas manuales (2015). Mayo4,2016. Sitio web: www.navarra.es
- Aguirre. *Beneficios de los jardines verticales*. Marzo12,2016, de Academia. Sitio web: <http://www.academia.edu/6323319/Beneficios>

2. BENEFICIOS E INCONVENIENTES GENERALES DE LOS JARDINES VERTICALES

A continuación, se detallan las ventajas que presentan estas envolventes, en la edificación, las personas y entorno en el que se sitúan:

Desde el punto de vista de la edificación.

- Mejora del comportamiento térmico del edificio: aislamiento térmico, acústico, protección frente a soleamiento.
- Mejora de la eficiencia energética del edificio.

- Adecuación del edificio a las nuevas tecnologías de ingeniería bioclimática.
- Reducción de hasta 5°C la temperatura interior de un edificio durante el verano, así como la mantienen en invierno, suponiendo un ahorro de hasta 500€/m² al año. (*Akira Hoyano, 2014*)
- Revalorización de los edificios.
- Posibilidad de solicitar certificaciones tipo LEED. (*Portela et al, 2010*).

Desde el punto de vista paisajístico

- Mejora paisajística del entorno
- Disminución del impacto visual de las edificaciones e infraestructuras.
- Naturalización de los edificios e infraestructuras.

Desde el punto de vista social y la salud de las personas.

- Mejora del bienestar y calidad del entorno universitario.
- Disminución del stress.
- Mejora de los entornos laborales.
- Reducción de hasta 15 decibelios la contaminación sonora (*Azkorra et al, 2015*).

Desde el punto de vista medio ambiental.

- 1m² de cobertura vegetal genera el oxígeno requerido por una persona durante un año. (*Aguirre, 2016*)
- Un edificio de 4 plantas con aproximadamente una superficie ajardinada de 60m², es capaz de filtrar 40 toneladas de gases nocivos. (*Aguirre, 2016*).
- Un edificio de 4 plantas con aproximadamente una superficie ajardinada de 60m², es capaz de atrapar y procesar 15Kg de metales pesados. (*Aguirre, 2016*).
- 1m² de cobertura vegetal atrapa 130 gramos de polvo por año.
- Ahorro de agua y uso eficiente de la misma, estableciendo circuitos cerrados de retorno de lixiviados.

A continuación, se detallan los inconvenientes que puede suponer la implantación de jardines verticales en las edificaciones y su entorno:

- Coste de implantación.
- Costes de mantenimiento.
- Lixiviados, cuando no se realiza un correcto tratamiento y reutilización de las aguas residuales.
- Infiltraciones y humedades, a causa de una insuficiente o inadecuada impermeabilización de fachada.
- La inadecuada elección del sistema de plantación puede suponer una muerte prematura de las plantas, así como la necesidad de modificación del propio sistema, para adecuarlo a las necesidades de clima, exposición, etc.
- Problemas estructurales y de fachada debidos a un mal planteamiento de las cargas o una mala ejecución de la instalación de las perfilerías o ambas.
- En sistemas hidropónicos se produce un exceso de dependencia de automatismos para el correcto funcionamiento del sistema. En el caso de que produzca un fallo en el sistema de riego la esperanza de vida de las plantas no es mayor de los 3-4 días, debido a que la capacidad de retención de agua y nutrientes del geotextil es muy limitada.

3. ALTERNATIVA 1, SISTEMA F+P DE LA EMPRESA URBANARBOLISMO.

3.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA Y REQUERIMIENTOS.

Datos obtenidos de:

- *Urbanarbolismo & Unusualgreen. (2012)*

El sistema F+P está destinado a la plantación de especies vegetales con pendientes entre los 30°- 90° y constituido por dos módulos rectangulares Ug-P20 de estructura impermeable de doble capa, sustrato no tejido Ug-M500, incluye instalación de riego Ug-RF de tubería hidroporosa.

Se diferencian las siguientes capas:

- Capa 0: Rastrelado de perfiles metálicos.
- Capa 1: Módulos rectangulares Ug-P20 de PE EXT expandido 906 Ug-P10 20mm.
- Capa 2: Tejido no tejido de poliéster-algodón Ug-M500, espesor 1.5mm + 1.5mm.
- Capa 3: Cobertura vegetal de especies seleccionadas según ubicación y características de la fachada.

El sistema tiene un espesor total de 20mm y un peso de 25-30 kg/m², almacenando una cantidad de agua de 5 litros/m².

El panel de soporte Ug-P20 (capa 1) tiene una resistencia ilimitada a los UV y una durabilidad de más de 50 años, el tejido no tejido (capa 2), tiene un punto de rotura 5.5 KN/m y una durabilidad de 50 años, además actúa de barrera permeable y de drenaje.

Condiciones previas a la instalación:

- Toma de agua de 1.5 Kg/cm² lugar de montaje de sistema de fertirrigación.
- Conducción de agua de polietileno de 32mm hasta el pie del jardín vertical.
- Lugar protegido para la instalación de los aparatos de control de 1m³.
- Canalización de lixiviados de agua.

Para su instalación se requiere 10 días laborables por cada 100 m².

3.2 VENTAJAS E INCONVENIENTES.

Se ha empleado para su elaboración:

- *Verdtical Ecosistema S.L. Temario curso profesional jardines verticales, Tecnocampus Universidad de Mataró, Barcelona. Febrero de 2015.*

El sistema F+P Urbanarbolismo presenta las siguientes ventajas:

- Economía en la instalación, el paneado puede cortarse y prepararse in situ sin necesidad de solicitar de fábrica piezas a medida.
- Alta durabilidad.
- Facilidad de reposición de las plantas.
- Bajo peso.
- Baja resistencia al frío.

El sistema F+P Urbanarbolismo presenta los siguientes inconvenientes:

- Dependencia de un correcto funcionamiento del riego, en caso de producirse un fallo en el sistema de riego las plantas no serían capaces de sobrevivir más de 3-4 días.
- El sustrato no es capaz de retener gran cantidad de agua.
- El sustrato posee una baja capacidad de retención de nutrientes
- Sistema complejo.
- Coste de mantenimiento.

4. ALTERNATIVA 2, SISTEMA MSP:90 VERDTICAL.

4.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA Y REQUERIMIENTOS.

Datos obtenidos de:

- *Verdtical Ecosistema S.L. (2013).*

El sistema MSP-90 está compuesto por una capa de polietileno de alta densidad de 25mm con cámara de aire interior, estructura portante de perfilera de aluminio, módulos de plantación MSP.90 a medida, realizados con varilla metálica, electrosoldada y plastificada y rellenos de sustrato de fibra vegetal, *Sphagnum maguellanicum* deshidratado.

Se diferencian las siguientes capas:

- Capa 0: Impermeabilización de polietileno, 25mm cámara de aire interior.
- Capa 1: Estructura portante, perfilera de aluminio.
- Capa 2: Módulos de plantación MSP-90.
- Capa 3: Sistema de riego exudante.
- Capa 4: Vegetación.

El sistema tiene un espesor de 145mm a los que hay que añadir la vegetación. Y tiene un peso total con la vegetación y a sustrato saturado de 35-40 Kg/m².

El panel de polietileno (Capa 0) impermeabiliza, aísla y sella eficazmente, evitando la formación de humedades por condensación y elimina los puentes térmicos. Tiene una resistencia ilimitada a los rayos UV y una durabilidad de más de 50 años.

El sustrato tiene las siguientes características:

- Humedad: < 20%.
- Materia orgánica sobre materia seca: > 95%.
- Densidad aparente seca: < 1 g/cm³.
- Conductividad eléctrica (CE): <2dS/m.
- Ph: 4.8.
- Porosidad: 90%.
- Impurezas: <3%.

Condiciones previas a la instalación:

- Toma de agua de 1.5 Kg/cm² lugar de montaje de sistema de fertirrigación.
- Toma de agua a 1" mediante tubo de polietileno de alta densidad (pie del sistema de riego).
- Toma eléctrica y cuadro de automático de 220v. Monofásico (pie del sistema de riego).

- Canalización de lixiviados en la zona perimetral, canaleta de 30x20 cm.
- Lugar protegido para la instalación de los aparatos de control de 1m³.

Para su instalación se requiere 10 días laborables por cada 100 m².

4.2 VENTAJAS E INCONVENIENTES.

Se ha empleado para su elaboración:

- *Verdtical Ecosistema S.L. (2015).*

El sistema MSP:90 Verdtical presenta las siguientes ventajas:

- Apariencia natural.
- Alto valor de nutrientes del sustrato.
- Menor coste de mantenimiento.
- Permita realizar formas.
- Sustrato estable en el tiempo.
- Gran durabilidad.
- Gran retenedor de agua.
- Menor coste de instalación.
- Más independiente respecto del sistema hidropónico.

El sistema MSP:90 Verdtical presenta los siguientes inconvenientes:

- Costes derivados de la realización de piezas a medida.
- No es recomendable su uso con aguas ácidas.
- Alto peso.

5 ALTERNATIVA 3, SISTEMA PRV-2 VERTICAL HIDROPONÍA.

Datos obtenidos de:

- *Verdtical Ecosistema S.L. (2013).*

5.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA Y REQUERIMIENTOS.

El sistema PRV-2 Verdtical está formado por una capa de polietileno de alta densidad, la cual posee una cámara de aire interior de 25mm de espesor, la estructura portante es en perfilería de aluminio y los módulos de material geotextil en donde se realiza la plantación son contruidos a medida. Esto permite instalar conducciones de riego cada 2m de altura. El riego está formado por tubería exudante. Los módulos pueden albergar entre 25 a 80 plantas/m², en función de la densidad deseada.

El sistema completo está constituido por las siguientes capas:

- Capa 0: Impermeabilización de polietileno con cámara interior de 25mm.
- Capa 1: Estructura portante de perfilería de aluminio.
- Capa 2: Módulos de plantación geotextil.
- Capa 3: Sistema de riego exudante.
- Capa 4: Vegetación.

El sistema tiene un espesor de 35mm, 80mm en caso de ser necesario fachada ventilada, a los que se añadiría el espesor de la vegetación.

El peso total del sistema con la vegetación y saturado de agua oscila entre los 23 a 27 kg/m².

El panel de polietileno (Capa 0) impermeabiliza, aísla y sella eficazmente, evitando la formación de humedades por condensación y elimina los puentes térmicos. Tiene una resistencia ilimitada a los rayos UV y una durabilidad de más de 50 años.

El sustrato (Capa 2) estará constituido por el panel de geotextil, el cual permite la plantación de la vegetación con raíz desnuda, en los bolsillos destinados a tal efecto y en los cuales puede emplearse, si así es

necesario, fibras vegetales de musgo *Sphagnum maguellanicum*, con el fin de conformar un lugar adecuado para el desarrollo radicular y aumentar la supervivencia del material vegetal.

El sistema de cultivo será el hidropónico, en el que se hace necesario un control sobre la solución nutritiva aportar.

Condiciones previas a la instalación:

- Toma de agua de 1.5 Kg/cm² lugar de montaje de sistema de fertirrigación.
- Toma de agua a 1" mediante tubo de polietileno de alta densidad (pie del sistema de riego).
- Toma eléctrica y cuadro de automático de 220v. Monofásico (pie del sistema de riego).
- Canalización de lixiviados en la zona perimetral, canaleta de 30x20 cm.
- Lugar protegido para la instalación de los aparatos de control de 1m³.

Para su instalación se requiere 10 días laborables por cada 100 m².

5.2 VENTAJAS E INCONVENIENTES

Se ha empleado para su elaboración:

- *Verdtical Ecosistema S.L. (2015).*

El sistema PRV-2 Hidroponía Verdtical presenta las siguientes ventajas:

- Economía en la instalación, el paneado puede cortarse y prepararse in situ sin necesidad de solicitar de fábrica piezas a medida.
- Alta durabilidad.
- Facilidad de reposición de las plantas.
- Bajo peso.

El sistema PRV-2 Hidroponía Verdtical presenta los siguientes inconvenientes:

- Dependencia de un correcto funcionamiento del riego, en caso de producirse un fallo en el sistema de riego las plantas no serían capaces de sobrevivir más de 3-4 días.
- El sustrato no es capaz de retener gran cantidad de agua.
- El sustrato posee una baja capacidad de retención de nutrientes
- Sistema complejo.
- Coste de mantenimiento.
- Baja resistencia al

6 COMPARATIVA DE ALTERNATIVAS

A continuación, se recoge en el siguiente cuadro a modo de resumen, las características de cada sistema, en función de valores estéticos, durabilidad, ambientales, facilidad de montaje, etc.

TABLA 24: Cuadro de valoración de alternativas.

CUADRO DE COMPARACIÓN DE ALTERNATIVAS				
TIPO	CARACTERÍSTICA	SISTEMA F+P URBANARBOOLISMO	SISTEMA MSP:90 VERDTICAL	SITEMA PRV-2 VERDTICAL HIDROPONÍA
Estructurales	Anclaje a fachada	10	10	10
	Anclaje a cupula	10	0	10
Peso	Sistema completo	5	0	10
Instalación	Perfilería	10	10	10
	Estructuras portantes	5	5	5
	Paneles	10	5	10
	Palantación	10	5	10
Durabilidad	Estructura	10	10	10
	Sistema portante	5	10	5
	Geotextil	5	0	5
	Sphagnum	0	10	0
Costes	Instalación	10	5	10
	Mantenimiento	5	10	5
	Piezas a medida	10	0	10
	Reposición de panelado	10	5	10
Impacto ambiental	Materiales reciclados	10	5	10
	Sistema de cultivo	0	10	0
	Reciclado de materiales tras su periodo de uso	5	10	5
Dependencia	Sistema de riego	0	5	0
	Abonado	0	5	0
Acabado	Natural	5	10	5
TOTAL		135	130	140

El sistema de valoración empleado, ha sido el siguiente:

TABLA 25: Cuadro de valoración de alternativas

CUADRO DE VALORACIÓN		
CARACTERÍSTICA		CALIFICACIÓN
Estructurales	Baja complejidad	10
	Media	5
	Alta	0
Peso	Bajo	10
	Medio	5
	Alto	0
Instalación	Baja complejidad	10
	Medio	5
	Alto	0
Durabilidad	Bajo	0
	Medio	5
	Alto	10
Costes	Bajo	10
	Medio	5
	Alto	0
Impacto ambiental	Bajo	10
	Medio	5
	Alto	0
Dependencia	Bajo	10
	Medio	5
	Alto	0
Acabado	Bajo	0
	Medio	5
	Alto	10

ANEJO 6

SELECCIÓN DE ESPECIES

ANEJO 6: SELECCIÓN DE ESPECIES

1. BIBLIOGRAFÍA

- The Royal Horticultural Society. (2016) Sitio web: <https://www.rhs.org.uk/>
- Gardenmania. (2016) Tienda de plantas online. Sitio web: <http://www.gardenmania.com/>
- Gobierno de Navarra. (2016) Mapa de vegetación potencial de Navarra. Sitio web: http://www.cfnavarra.es/agricultura/informacion_agraria/MapaCultivos/htm/sp_festuca_scoparia.htm
- J. Sáez. (2008) Plantas de jardín, terraza e interior. Floramedia España. MMD Guía visual.
- The Royal Horticultural Society, RHS. (1994) Enciclopedia de jardinería. Grijalbo.
- P. Blanc. (2008). The vertical garden. Norton.
- L. de Garrido. (2011). Green in Green. Barcelona: Monsa.
- G. Minke. (2012). Muros y fachadas verdes. Jardines verticales. Barcelona: Icaria Bioarquitectura.
- Barbara W. Ellis. (2001). Perennials. Singapur: Houghton mifflin.

2. JUSTIFICACIÓN DE LA ELECCIÓN Y DISPOSICIÓN DE ESPECIES.

La elección de las especies se ha realizado en función de los siguientes criterios:

En primer lugar, se buscaron especies que se adaptaran a las características climáticas de Pamplona y atendiendo al estudio climático realizado.

Posteriormente se realizó el estudio de soleamiento con el fin de que la selección de especies se adaptara a la orientación de la fachada y la luminosidad existente. Al ser una fachada con orientación noroeste se corría el riesgo de seleccionar especies de sombra total.

El estudio posterior vislumbró que durante los meses de verano el sol podía incidir sobre la fachada con una cantidad de luxes que las plantas de sombra total podrían no tolerar. De esta forma se adaptó la ubicación de las especies a las zonas más adecuadas.

También se buscó que las especies fueran típicas de la Cordillera Cantábrica y que algunas de ellas poseyeran frutos que pudieran nutrir a la pequeña avifauna del campus o que tuvieran alguna característica que las hiciera atractivas para insectos beneficiosos en particular las abejas.

Con todo ello se pretenden crear tres zonas diferenciadas:

La primera zona, formada por la zona de la cúpula, se caracteriza por ser especies características de alta montaña cantábrica y que además de forma natural conviven entre sí en la naturaleza. Con ello se consigue una mejor adaptación de las especies al entorno y a la ubicación en la fachada.

La segunda zona es el área intermedia, que abarca el primer y segundo piso de la biblioteca, está compuesta por una combinación de especies típicamente cantábricas, combinadas con algunas especies seleccionadas por atraer a insectos beneficiosos, algunas plantas aromáticas, pequeños frutos. y otras especies seleccionadas para crear contraste de textura y color con las anteriores.

Todas ellas en combinación para crear continuidad con especies de la primera y tercera zona.

Finalmente, la zona correspondiente a la planta baja, es una selección principalmente de gramíneas y de porte cespitoso, que, por su exigencia en mayor mantenimiento, principalmente podas en otoño, es más conveniente por su facilidad, que se sitúen en zonas bajas, de este modo no son necesarios medios auxiliares para realizar estas labores.

También porque representan las zonas de pastos, gramíneas y cespitosas típicas del medio rural del norte de navarra, moldeado por la ganadería extensiva durante generaciones.

A continuación, se adjunta una tabla en la se representa la superficie ocupada por cada especie.

TABLA 26: Superficie ocupada por las especies seleccionadas.

ESPECIE	CODIGO	SUPERFICIE (m²)	COMENTARIOS
<i>Ophiopogon jaburum</i>	1	17,78	
<i>Tradescantia pallida</i>	2	11,9254	
<i>Asparagus sprengueri</i>	3	15,5018	
<i>Vinca mayor variegata</i>	4	9,4729	
<i>Cyrtionium falcatum</i>	5	4,4257	
<i>Heuchera pinot bianco</i>	6	7,5758	
<i>Carex oshinensis evergold</i>	7	3,3524	
<i>Pachysandra spp</i>	8	5,7678	
<i>Ophiopogon japonicum</i>	9	11,8612	
<i>Cytisus scoparius 'Golden sunlight'</i>	A 10	6,9802	
<i>Cytisus scoparius 'Boskoop ruby'</i>	B 10	8,6758	
<i>Genista hispanica</i>	11	14,6624	
<i>Erica carnea</i>	12	20,8896	
<i>Erica gracilis</i>	13	19,5232	
<i>Calluna vulgaris 'Silver queen'</i>	14	4,6162	
<i>Dianthus firewitch</i>	15	8,063	
<i>Iris japonica</i>	16	16,5364	
<i>Dryopteris filix</i>	17	9,9024	
<i>Nephrolepis cordifolia</i>	18	8,0254	
<i>Taxus baccata 'Adpressa aurea'</i>	19	11,3452	
<i>Vaccinium spp</i>	20	9,647	
<i>Hypericum calcicum</i>	21	8,0628	
<i>Calluna vulgaris 'Boskoop'</i>	22	6,0482	
<i>Erica carnea 'Springwood white'</i>	23	17,665	
<i>Erica erigena 'Golden lady'</i>	24	7,9966	
<i>Festuca scoparia</i>	25	8,253	
<i>Carex comans bronco</i>	26	6,022	
<i>Ophiopogon planiscapus 'niger'</i>	27	11,3628	
<i>Ajuga black scallop</i>	28	3,4028	
<i>Bergenia crassifolia</i>	29	13,1222	
<i>Ajuga reptans</i>	30	7,3584	
<i>Globularia alypum</i>	31	10,643	
<i>Lavandula stoechas</i>	32	6,027	
<i>Achillea crithnifolia</i>	33	6,6653	
<i>Libertia peregrinans gold lea</i>	34	9,0256	
<i>Erigenon kravinskianus</i>	35	6,1892	
<i>Muehlenbergia capilaris</i>	36	7,4728	
<i>Festuca glauca</i>	37	3,1976	
<i>Rosmarinus officinalis</i>	38	5,3892	
<i>Betula spp</i>	39	11 troncos de 4,5 m de altura y diámetro 15 cm	
<i>Narcissus spp</i>	40	29,6412	Situados en combinación de las especies 1 y 9
TOTAL SUPERFICIE CULTIVADA (m²)		400,0745	

3. FICHAS DE ESPECIES SELECCIONADAS.

3.1 *OPHIOPOGON JABURUM*

CODIGO: 1

NOMBRE CIENTÍFICO: *Ophiopogon jaburum*

NOMBRE COMÚN: Convalaria.

FAMILIA: Liliaceae.

DESCRIPCIÓN: Es una mata cespitosa, densa, que forma grupos de varios individuos. Hojas largas y estrechas de color verde oscuro. Flor en verano de forma acampanada, sus colores son rosa claro, lila claro o blanco.



ORIGEN: Originaria de Corea, China y Japón.

DIMENSIONES: Esta planta puede alcanzar una altura máxima de 20 cm.

TIPO DE FOLLAJE: Planta perenne de hojas largas y estrechas de color verde oscuro.

FLORACIÓN: Florece a principios de verano. Sus flores son en racimos con forma acampanada, de un color rosa claro, lila o blanco.

EXPOSICIÓN: Sombra parcial/semisombra. En lugares frescos es posible localizarlos al sol.

FRAGANCIA: No.

RIEGO: Regular.

TEMPERATURA: Soporta temperaturas de hasta -25 °C.

OBSERVACIONES:

3.2 *TRADESCANTIA PALLIDA*

CODIGO: 2

NOMBRE CIENTÍFICO: *Tradescantia pallida*.

NOMBRE COMÚN: Amor de hombre.

FAMILIA: Commelináceas.

DESCRIPCIÓN: De porte colgante es muy empleada en jardinería por la coloración de su follaje.



ORIGEN: Originaria de México.

DIMENSIONES: Puede alcanzar una altura máxima que oscila entre los 50-80 cm.

TIPO DE FOLLAJE: Planta perenne con una intensa coloración púrpura en su follaje. Tanto las hojas como los tallos presentan vellosidad más pronunciada en los nudos.

FLORACIÓN: Florece en primavera y verano. Sus flores son de pequeño tamaño y de color rosa intenso, formadas por tres pétalos y estambres amarillos.

EXPOSICIÓN: Semisombra – sol. En lugares de sombra la coloración será más intensa pero la floración se resentirá.

FRAGANCIA: No.

RIEGO: Moderado, tolera ligeramente la sequía.

TEMPERATURA: Soporta temperaturas de hasta -3 °C.

OBSERVACIONES:

3.3 ASPARAGUS SPRENGUERI

CODIGO: 3

NOMBRE CIENTÍFICO: *Asparagus sprengueri*.

NOMBRE COMÚN: Esparraguera.

FAMILIA: Liliaceae.

DESCRIPCIÓN: Planta de porte colgante de la familia Asparagaceae, se caracteriza por tener unas hojas rígidas, lineales y aplanadas de color verde.



ORIGEN: Continente africano.

DIMENSIONES: Planta de porte colgante cuyos tallos pueden alcanzar hasta los 60 cm de longitud.

TIPO DE FOLLAJE: Planta perenne de tallos con hojas rígidas, lineadas y aplanadas.

FLORACIÓN: No.

EXPOSICIÓN: Sombra

FRAGANCIA: No

RIEGO: regular

TEMPERATURA: Soporta hasta los 0°C.

OBSERVACIONES:

3.4 VINCA MAYOR VARIEGATA

CODIGO: 4

NOMBRE CIENTÍFICO: *Vinca mayor variegata*.

NOMBRE COMÚN: Vincapervinca mayor.

FAMILIA: Apocynaceae.

DESCRIPCIÓN: es una planta herbácea perenne, de porte rastrero. Sus hojas son de color verde brillante, con los bordes de color blanco crema.



ORIGEN: Originaria de la región mediterránea.

DIMENSIONES: Puede alcanzar una altura máxima de 23-30 cm.

TIPO DE FOLLAJE: Perenne. Hojas de color verde brillante con los bordes de color blanco.

FLORACIÓN: Primavera- verano-otoño.

EXPOSICIÓN: Semisombra.

FRAGANCIA: No.

RIEGO: Regular

TEMPERATURA: Rústica soporta hasta los -15°C.

OBSERVACIONES:

3.5 *CYRTONIUM FALCATUM*

CODIGO: 5

NOMBRE CIENTÍFICO: *Cyrtonium falcatum*.

NOMBRE COMÚN: Helecho acebo.

FAMILIA: Dryopteriaceae.

DESCRIPCIÓN: Helecho de hoja perenne. Prefiere disposiciones sombreadas, con suelo húmedo y rico en humus.



ORIGEN: Originario de China, Japón y el Himalaya.

DIMENSIONES: Puede alcanzar una altura de entre 40-60 cm.

TIPO DE FOLLAJE: Planta perenne. Hojas muy atractivas, de color glabro, con el ápice acuminado y la base auriculada.

FLORACIÓN: No

EXPOSICIÓN: Semisombra – sombra completa.

FRAGANCIA: No

RIEGO: Regular

TEMPERATURA: Soporta hasta los 0°C.

OBSERVACIONES:

3.6 HEUCHERA PINOT BIANCO

CODIGO: 6

NOMBRE CIENTÍFICO: *Heuchera Pinot bianco*

NOMBRE COMÚN: Heuchera.

FAMILIA: Saxifragaceae.

DESCRIPCIÓN: Planta compacta con una interesante coloración foliar de color verde claro



ORIGEN: Arizona, México, región mediterránea

DIMENSIONES: Alcanza una altura entre los 15-40 cm.

TIPO DE FOLLAJE: Perenne.

FLORACIÓN: No

EXPOSICIÓN: Semisombra- sombra.

FRAGANCIA: No.

RIEGO: Regular.

TEMPERATURA: Soporta temperaturas de hasta -30°C.

OBSERVACIONES:

3.7 CAREX OSHINENSIS EVERGOLD

CODIGO: 07

NOMBRE CIENTÍFICO: *Carex oshinensis evergold*.

NOMBRE COMÚN: Limpiatubos

FAMILIA: Cyperaceae.

DESCRIPCIÓN: Planta herbácea muy resistente a las bajas temperaturas y climas extremos. Forma una densa mata.



ORIGEN: Australia y Japón.

DIMENSIONES: puede alcanzar una altura entre los 25-50 cm.

TIPO DE FOLLAJE: Planta perenne. Las hojas son estrechas y de unos 20 centímetros de longitud. Tienen una banda central de color amarillo y un borde de color verde que puede variar entre distintos tonos.

FLORACIÓN: Verano.

EXPOSICIÓN: semisombra- sol.

FRAGANCIA: No.

RIEGO: Regular.

TEMPERATURA: Soporta hasta los -25 °C.

OBSERVACIONES:

3.8 PACHYSANDRA SP

CODIGO: 8

NOMBRE CIENTÍFICO: *Pachysandra spp.*

NOMBRE COMÚN: Diamante.

FAMILIA: Buxaceae

DESCRIPCIÓN: Planta perenne tapizante. Sus hojas tienen forma de diamante y jaspeadas en tono crema. En verano produce espigas de flores diminutas, blancas y a veces con ligeras coloraciones púrpuras.



ORIGEN: Originaria de Japón.

DIMENSIONES: Puede alcanzar una altura de hasta 20cm.

TIPO DE FOLLAJE: Perenne de hojas ovaladas de color verde brillante

FLORACIÓN: No.

EXPOSICIÓN: Semisombra.

FRAGANCIA: No.

RIEGO: Regular.

TEMPERATURA: Soporta hasta los -10°C.

OBSERVACIONES:

3.9 OPHIOPOGON JAPONICUS

CODIGO: 9

NOMBRE CIENTÍFICO: *Ophiopogon japonicus*.

NOMBRE COMÚN: Convalaria

FAMILIA: Liliaceae.

DESCRIPCIÓN: Mata cespitosa, densa, que forma grupos de varios individuos. Hojas largas y estrechas de color verde oscuro. Flor en verano de forma acampanada, sus colores son rosa claro, lila claro o blanco.



ORIGEN: Originaria de Corea, China y Japón.

DIMENSIONES: Esta planta puede alcanzar una altura máxima de 20 cm.

TIPO DE FOLLAJE: Planta perenne de hojas largas y estrechas de color verde oscuro.

FLORACIÓN: Florece a principios de verano. Sus flores son en racimos con forma acampanada, de un color rosa claro, lila o blanco

EXPOSICIÓN: Sombra parcial/semisombra. En lugares frescos es posible localizarlos al sol.

FRAGANCIA: No.

RIEGO: Regular.

TEMPERATURA: Soporta temperaturas de hasta -25 °C.

OBSERVACIONES:

3.10 CYTISUS SCOPARIUS 'GOLDEN SUNLIGHT'

CODIGO: 10_A

NOMBRE CIENTÍFICO: *Cytisus scoparius* 'Golden sunlight'.

NOMBRE COMÚN: Escoba

FAMILIA: Fabaceae.

DESCRIPCIÓN: Es una planta arbustiva de 1 a 2 m de altura, con ramas delgadas, estriadas, de color verde y con pocas hojas. Flor amarilla y papilionada. El fruto es una legumbre negra pilosa.



ORIGEN: Península Ibérica y Europa Atlántica.

DIMENSIONES: Pude alcanzar hasta el 1m de altura.

TIPO DE FOLLAJE: Perenne. Arbusto de ramas flexibles que presentan hojas de forma alterna pudiendo ser trifoliadas o simples.

FLORACIÓN: De Abril a Julio.

EXPOSICIÓN: Semisombra-sol.

FRAGANCIA: No.

RIEGO: Regular.

TEMPERATURA: Puede soportar hasta los -10 °C.

OBSERVACIONES: Atractiva para las abejas.

3.11 *CYTISUS SCOPARIUS 'BOKOOP RUBY'*

CODIGO: 10_B

NOMBRE CIENTÍFICO: *Cytisus scoparius 'Boskoop ruby'*.

NOMBRE COMÚN: Escoba.

FAMILIA: Fabaceae

DESCRIPCIÓN: Es una planta arbustiva de 1 a 2 m de altura, con ramas delgadas, estriadas, de color verde y con pocas hojas. Flor amarilla y papilionada. El fruto es una legumbre negra pilosa.



ORIGEN: Península Ibérica y Europa Atlántica.

DIMENSIONES: Pude alcanzar hasta el 1m de altura.

TIPO DE FOLLAJE: Perenne. Arbusto de ramas flexibles que presentan hojas de forma alterna pudiendo ser trifoliadas o simples.

FLORACIÓN: De Abril a Julio.

EXPOSICIÓN: Semisombra-sol.

FRAGANCIA: No.

RIEGO: Regular.

TEMPERATURA: Puede soportar hasta los -10 °C.

OBSERVACIONES: Atractiva para las abejas.

3.12 *GENISTA HISPÁNICA*

CODIGO: 11

NOMBRE CIENTÍFICO: *Genista hispánica*.

NOMBRE COMÚN: Olaguina.

FAMILIA: Fabaceae.

DESCRIPCIÓN: Mata intrincada de 30-60 cm de altura, perteneciente a la familia fabaceae. Tiene un color verde oscuro y aspecto semiesférico y almohadillado. Espinas ramificadas y verdes con puntas de 5 a 15 mm de longitud. Hojas lanceoladas de 6 a 11 mm de longitud. Flores amarillas en grupos terminales



ORIGEN: Área mediterránea y sur de Francia.

DIMENSIONES: Puede alcanzar una altura entre los 30-60 cm de altura.

TIPO DE FOLLAJE: Perenne. Sus hojas son simples con el haz glabro y el envés lanoso.

FLORACIÓN: En primavera. Sus flores son en racimos terminales cónicos de color amarillo dorado.

EXPOSICIÓN: Sol.

FRAGANCIA: Si. Las flores tienen un suave aroma.

RIEGO: Bajo.

TEMPERATURA: Planta rustica soporta temperaturas de hasta -10°C.

OBSERVACIONES: Atractiva para las abejas.

3.13 *ERICA CARNEA*

CODIGO: 12

NOMBRE CIENTÍFICO: *Erica carnea*.

NOMBRE COMÚN: Brezo vizcaíno.

FAMILIA: Ericaceae.

DESCRIPCIÓN: Planta perenne perteneciente a la familia Ericaceae, ampliamente distribuida en la península ibérica en el área cantábrica. Porte globoso y muy rustica se emplea por su floración temprana.



ORIGEN: Área montañosa del centro y sur de Europa.

DIMENSIONES: Alcanza hasta los 30cm de altura y los 60 cm de envergadura.

TIPO DE FOLLAJE: Perenne. Sus hojas son muy pequeñas, aciculares y agrupadas en verticilos de 3/4, con el margen revuelto, de color verde oscuro.

FLORACIÓN: Finales de invierno principios de primavera. Flores en racimos de un color lila intenso, las cuales permanecen al secarse durante largo tiempo sobre la planta.

EXPOSICIÓN: Sol o semisombra.

FRAGANCIA: No.

RIEGO: Regular.

TEMPERATURA: Planta muy rustica que soporta bien las bajas temperaturas, -10 °C.

OBSERVACIONES: Atractiva para las abejas.

3.14 *ERICA GRACILIS*

CODIGO: 13

NOMBRE CIENTÍFICO: *Erica gracilis*.

NOMBRE COMÚN: Brezo.

FAMILIA: Ericaceae.

DESCRIPCIÓN: Planta perenne perteneciente a la familia Ericaceae. Porte globoso y muy rustica se emplea por su floración temprana.



ORIGEN: África del sur.

DIMENSIONES: Alcanza hasta los 30cm de altura y los 60 cm de envergadura.

TIPO DE FOLLAJE: Perenne. Sus hojas son muy pequeñas, aciculares y agrupadas en verticilos de 3/4, con el margen revuelto, de color verde oscuro.

FLORACIÓN: Finales de invierno principios de primavera. Flores en racimos de un color rosa fucsia intenso, las cuales permanecen al secarse durante largo tiempo sobre la planta.

EXPOSICIÓN: Sol o semisombra.

FRAGANCIA: No.

RIEGO: Regular.

TEMPERATURA: Planta muy rustica que soporta bien las bajas temperaturas -10 °C.

OBSERVACIONES: Atractiva para las abejas

3.15 CALLUNA VULGARIS 'SILVER QUEEN'

CODIGO: 14

NOMBRE CIENTÍFICO: *Calluna vulgaris* 'Silver queen'.

NOMBRE COMÚN: Brecina.

FAMILIA: Ericaceae.

DESCRIPCIÓN: Es una planta perenne, de tallo erecto y puede alcanzar una altura de 1,5 m. Hojas pequeñas. Flores de forma espigadas, son de color lila más o menos intenso. Terreno con un pH ácido o al menos neutro.



ORIGEN: Norte de Europa

DIMENSIONES: Puede alcanzar unas dimensiones de 20-40 cm de altura y de 30-60 cm de ancho.

TIPO DE FOLLAJE: Perenne. Sus hojas son muy pequeñas, aciculares y agrupadas en verticilos de 3/4, con el margen revuelto, de color glauco.

FLORACIÓN: De Julio a octubre. Flores en racimos de un color rosa pálido, las cuales permanecen al secarse durante largo tiempo sobre la planta

EXPOSICIÓN: Sol, semisombra.

FRAGANCIA: Si.

RIEGO: Regular.

TEMPERATURA: Planta muy rustica que soporta bien las bajas temperaturas, -10 °C.

OBSERVACIONES:

3.16 DIANTHUS FIREWITCH

CODIGO: 15

NOMBRE CIENTÍFICO: *Dianthus firewitch.*

NOMBRE COMÚN: Clavelina.

FAMILIA: Caryophyllaceae.

DESCRIPCIÓN: Planta perenne de follaje de hojas estrechas y lanceoladas de color gris azulado y una profusa floración en tonos morados-lilas y fragante.



ORIGEN: Inglaterra

DIMENSIONES: Pude alcanzar una altura desde los 15-30 cm de altura.

TIPO DE FOLLAJE: Perenne de color gris azulado.

FLORACIÓN: Mediados de primavera a principios de verano.

EXPOSICIÓN: Sol

FRAGANCIA: Si.

RIEGO: Moderado.

TEMPERATURA: No tolera bien las temperaturas inferiores a los 0°C.

OBSERVACIONES: Muy atractiva para lepidópteros.

3.17 IRIS JAPONICA

CODIGO: 16

NOMBRE CIENTÍFICO: *Iris japonica*

NOMBRE COMÚN: Lirio japonés.

FAMILIA: Iridaceae.

DESCRIPCIÓN: Planta rizomatosa de 30 a 50 cm de altura, perteneciente a la familia de la iridáceas.



ORIGEN: Originaria de China y Japón.

DIMENSIONES: Puede alcanzar una altura de entre 30-50 cm y puede llegar a 1m de ancho.

TIPO DE FOLLAJE: Perenne.

FLORACIÓN: Primavera.

EXPOSICIÓN: Semisombra.

FRAGANCIA: Si.

RIEGO: Regular.

TEMPERATURA: Hasta -25°C.

OBSERVACIONES:

3.18 DRYOPTERIS FILIX

CODIGO: 17

NOMBRE CIENTÍFICO: *Dryopteris filix*.

NOMBRE COMÚN: Helecho macho

FAMILIA: Dryopteridaceae.

DESCRIPCIÓN: Helecho perteneciente a la familia Dryopteridaceae, posee una raíz de tipo rizomatosa. Aunque es una planta perenne puede perder las hojas cuando las temperaturas son muy bajas volviendo a rebrotar en primavera.



ORIGEN: Hemisferio norte templado, Europa, Asia y Norte américa.

DIMENSIONES:

TIPO DE FOLLAJE: Perenne. Las hojas tienen un hábito de crecimiento ascendente, alcanza una longitud máxima de 15 dm, con una sola corona en cada pie de raíz. Son bipinnadas, con 20-35 pinnas en cada lado del raquis.

FLORACIÓN: No.

EXPOSICIÓN: Sombra.

FRAGANCIA: No.

RIEGO: Regular.

TEMPERATURA: -10°C.

OBSERVACIONES:

3.19 NEPHROLEPIS CORDIFOLIA

CODIGO: 18

NOMBRE CIENTÍFICO: *Nephrolepis cordifolia*

NOMBRE COMÚN: Helecho.

FAMILIA: Dryopteridaceae.

DESCRIPCIÓN: Helecho semiperennifolio. Posee frondes estrechos y lanceolados, de porte arqueado y de color verde oscuro. Se diferencia de otras variedades en que el conjunto de sus hojas crece de forma más vertical.



ORIGEN: Originaria del noroeste de Australia y Malasia.

DIMENSIONES: Puede alcanzar una altura de hasta 45cm.

TIPO DE FOLLAJE: Planta semiperennifolia. Sus hojas son frondes estrechos y lanceolados, de porte arqueado y de color verde oscuro, con pinnas redondeadas y finamente aserradas. Se diferencia de otros helechos en que el conjunto de sus hojas crece de forma más vertical.

FLORACIÓN: No.

EXPOSICIÓN: Sombra.

FRAGANCIA: No.

RIEGO: Regular.

TEMPERATURA: Hasta los 0°C, pero pierde el follaje. Hasta los 10°C lo mantiene.

OBSERVACIONES:

3.20 TAXUS BACCATA 'ADPRESSA AUREA'**CODIGO:** 19**NOMBRE CIENTÍFICO:** *Taxus baccata* 'Adpressa aurea'.**NOMBRE COMÚN:** Tejo**FAMILIA:** Taxáceas.

DESCRIPCIÓN: Arbusto o arbolillo con ramas horizontales algo cortantes. Con un crecimiento lento. Su copa es cónica cuando tiene un solo tronco, o se extiende irregularmente cuando tiene varios troncos. Hojas aciculares, planas, blandas y de color verde oscuro, dispuestas de dos en dos.



ORIGEN: Europa, oeste de Asia y norte de África y en algunas sierras de Portugal.

DIMENSIONES: de los 30- 1.5 m y crecimiento lento.

TIPO DE FOLLAJE: Perenne. Sus hojas son aciculares, de 1-3 cm de largo, y 2-3 mm de ancho, planas, blandas y de color verde y los brotes de color amarillo, dispuestas de dos en dos.

FLORACIÓN: Florece en los meses de primavera. Sus flores se dan en las axilas de las hojas. Las masculinas son globulares, con numerosos estambres. Las femeninas son aovadas, con forma de copa, verdes al principio, de color rojo luminoso al madurar.

EXPOSICIÓN: Sol, semisombra.

FRAGANCIA: No.

RIEGO: Regular.

TEMPERATURA: Hasta los -25°C.

OBSERVACIONES:

3.21 VACCINUM SP

CODIGO: 20

NOMBRE CIENTÍFICO: *Vaccinum sp*

NOMBRE COMÚN: Arándano.

FAMILIA: Ericaceae.

DESCRIPCIÓN: Arbusto caduco de la familia Ericaceae, de sabrosos frutos de color azul intenso que maduran en verano.



ORIGEN: Europa, Asia y América.

DIMENSIONES: Puede alcanzar hasta los 60 cm de altura.

TIPO DE FOLLAJE: Caduco. Los tallos surgen de rizomas subterráneos, son procumbentes de color verde, en los ejemplares jóvenes

FLORACIÓN: Las flores aparecen agrupadas en racimos axiales, florece de abril a junio y fructifica de Julio a septiembre.

EXPOSICIÓN: Sol, semisombra.

FRAGANCIA: No.

RIEGO: Regular.

TEMPERATURA: Hasta los -25°C,

OBSERVACIONES:

3.22 *HYPERICUM CALCICUM*

CODIGO: 21

NOMBRE CIENTÍFICO: *Hypericum calcicum*.

NOMBRE COMÚN: Hipérico rastrero

FAMILIA: Clusiaceae.

DESCRIPCIÓN: Arbusto de pequeño tamaño muy utilizado como tapizante. Hojas de color verde oscuro, opuestas, enteras y con ramas que cuelgan. Sus flores de color amarillo con cinco pétalos y estambres que salen en ramillete, como si fuera una brocha.



ORIGEN: Grecia y Asia menor.

DIMENSIONES: Puede alcanzar una altura máxima de 30 cm.

TIPO DE FOLLAJE: Planta perenne. Sus hojas son color verde oscuro, opuestas, enteras.

FLORACIÓN: Florece en los meses de verano. Sus flores son de color amarillo con cinco pétalos y estambres que salen en ramillete, como si fuera una brocha

EXPOSICIÓN: Sol, semisombra.

FRAGANCIA: No.

RIEGO: Regular.

TEMPERATURA: Hasta los -10°C.

OBSERVACIONES:

3.23 *CALLUNA VULGARIS* 'BOSKOOP'

CODIGO: 22

NOMBRE CIENTÍFICO: *Calluna vulgaris* 'Boskoop'.

NOMBRE COMÚN: Brecina

FAMILIA: Ericaceae.

DESCRIPCIÓN: Es una planta perenne, de tallo erecto y puede alcanzar una altura de 1,5 m. Hojas pequeñas. Flores de forma espigadas, son de color lila más o menos intenso. Localizarlas en zonas húmedas y umbrosas. Terreno con un pH ácido o al menos neutro.



ORIGEN: Norte de Europa

DIMENSIONES: Puede alcanzar unas dimensiones de 20-40 cm de altura y de 30-60 cm de ancho.

TIPO DE FOLLAJE: Perenne. Sus hojas son muy pequeñas, aciculares y agrupadas en verticilos de 3/4, con el margen revuelto, de color verde-amarillento.

FLORACIÓN: De Julio a octubre. Flores en racimos de un color rosa pálido, las cuales permanecen al secarse durante largo tiempo sobre la planta

EXPOSICIÓN: Semisombra.

FRAGANCIA: Si.

RIEGO: Regular.

TEMPERATURA: Planta muy rustica que soporta bien las bajas temperaturas, -10 °C.

3.24 *ERICA CARNEA* 'SPRINGWOOD WHITE'

CODIGO: 23

NOMBRE CIENTÍFICO: *Erica carnea* 'Springwood white'.

NOMBRE COMÚN: Brezo

FAMILIA: Ericaceae.

DESCRIPCIÓN: Planta perenne perteneciente a la familia Ericaceae, ampliamente distribuida en la península ibérica en el área cantábrica. Porte globoso y muy rustica se emplea por su floración temprana.



ORIGEN: Área montañosa del centro y sur de Europa.

DIMENSIONES: Alcanza hasta los 30cm de altura y los 60 cm de envergadura.

TIPO DE FOLLAJE: Perenne. Sus hojas son muy pequeñas, aciculares y agrupadas en verticilos de 3/4, con el margen revuelto, de color verde oscuro.

FLORACIÓN: Finales de invierno principios de primavera. Flores en racimos de un color blanco, las cuales permanecen al secarse durante largo tiempo sobre la planta.

EXPOSICIÓN: Sol o semisombra.

FRAGANCIA: No.

RIEGO: Regular.

TEMPERATURA: Planta muy rustica que soporta bien las bajas temperaturas, -10 °C.

OBSERVACIONES: Atractiva para las abejas.

3.25 *ERICA CARNEA* 'GOLDEN LADY'

CODIGO: 24

NOMBRE CIENTÍFICO: *Erica erigena* 'Golden lady'.

NOMBRE COMÚN: Brezo.

FAMILIA: Ericaceae.

DESCRIPCIÓN: Planta perenne perteneciente a la familia Ericaceae, ampliamente distribuida en la península ibérica en el área cantábrica. Porte globoso y muy rustica se emplea por su floración temprana.



ORIGEN: Área montañosa del centro y sur de Europa.

DIMENSIONES: Alcanza hasta los 30cm de altura y los 60 cm de envergadura.

TIPO DE FOLLAJE: Perenne. Sus hojas son muy pequeñas, aciculares y agrupadas en verticilos de 3/4, con el margen revuelto, de color verde-amarillento.

FLORACIÓN: Finales de invierno principios de primavera. Flores en racimos de un color lila intenso, las cuales permanecen al secarse durante largo tiempo sobre la planta.

EXPOSICIÓN: Sol o semisombra.

FRAGANCIA: No.

RIEGO: Regular.

TEMPERATURA: Planta muy rustica que soporta bien las bajas temperaturas, -10 °C.

OBSERVACIONES: Atractiva para las abejas.

3.26 *FESTUCA SCOPARIA*

CODIGO: 25

NOMBRE CIENTÍFICO: *Festuca scoparia*.

NOMBRE COMÚN: Festuca.

FAMILIA: Poaceae.

DESCRIPCIÓN: Planta de la familia poaceae, herbácea y perenne de hasta 50cm cespitosa. Hojas curvas de color verde claro e inflorescencia en panícula.



ORIGEN: Endémica del Pirineo

DIMENSIONES: Puede alcanzar hasta los 50cm de altura.

TIPO DE FOLLAJE: Perenne, con hojas curvadas, punzantes, de color verde claro y brillantes, con corta lígula ciliada.

FLORACIÓN: No es interesante.

EXPOSICIÓN: Semisombra, sol.

FRAGANCIA: No

RIEGO: Regular.

TEMPERATURA: Hasta los -25°C.

OBSERVACIONES:

3.27 CAREX COMANS BRONCO

CODIGO: 26

NOMBRE CIENTÍFICO: *Carex comans bronco*.

NOMBRE COMÚN: Carex.

FAMILIA: Cyperaceae.

DESCRIPCIÓN: Planta perenne, crece mejor en regiones de suaves inviernos. Planta rastrera que forma un montículo de hojas verdes muy finas de tono bronceada de color marrón. Flor insignificante. Tolerante a la sequía.



ORIGEN: Nueva Zelanda.

DIMENSIONES: Puede alcanzar una altura entre los 20-30 cm.

TIPO DE FOLLAJE: Planta perenne. Sus hojas forman una cascada en montículo de hojas verdes muy finas, en un maravilloso tono bronceado de color marrón.

FLORACIÓN: En los meses de verano. No es interesante.

EXPOSICIÓN: Sol, semisombra.

FRAGANCIA: No

RIEGO: Moderado.

TEMPERATURA: Hasta los -10°C.

OBSERVACIONES:

3.28 *OPHIPOGON PLANISCAPUS* 'NIGER'

CODIGO: 27

NOMBRE CIENTÍFICO: *Ophiopogon planiscapus* 'Niger'.

NOMBRE COMÚN: Ophiopogon.

FAMILIA: Liliaceae.

DESCRIPCIÓN: Es una mata cespitosa, densa, que forma grupos de varios individuos. Hojas largas y estrechas de color negro-azulado. Flor en verano de forma acampanada, de color rosa.



ORIGEN: Originaria de Corea, China y Japón.

DIMENSIONES: Esta planta puede alcanzar una altura máxima de 20 cm.

TIPO DE FOLLAJE: Planta perenne de hojas largas y estrechas de color negro-azulado.

FLORACIÓN: Florece a principios de verano. Sus flores son en racimos con forma acampanada, de un color rosa claro, lila o blanco.

EXPOSICIÓN: Sombra parcial/semisombra.

FRAGANCIA: No.

RIEGO: Regular.

TEMPERATURA: Soporta temperaturas de hasta -25 °C.

OBSERVACIONES:

3.29 AJUGA BLACK SACLLOP

CODIGO: 28

NOMBRE CIENTÍFICO: *Ajuga black saclllop*.

NOMBRE COMÚN: Ajuga `Negro Vieira`.

FAMILIA: Lamiaceae.

DESCRIPCIÓN: Planta tapizante de hojas oscuras y flores azul violeta, creando una bella estampa.



ORIGEN: Procede de una mutación de *Ajuga reptans*.

DIMENSIONES: Puede alcanzar una altura máxima de 50 cm y una anchura de hasta 2 metros.

TIPO DE FOLLAJE: Planta perenne. Sus hojas forman una densa capa en tonalidades púrpura oscuro y negro con tonos verdes.

FLORACIÓN: Florece en los meses de mayo y junio; finales de primavera y comienzo de verano. Sus flores son de un color azul púrpura muy característico. Sus flores junto con el manto que generan sus hojas produce un bonito efecto visual caracterizado por los tonos oscuros.

EXPOSICIÓN: Semisombra, sol.

FRAGANCIA: No.

RIEGO: Regular.

TEMPERATURA: Hasta los -10 °C.

OBSERVACIONES:

3.30 *BERGENIA CRASSIFOLIA*

CODIGO: 29

NOMBRE CIENTÍFICO: *Bergenia crassifolia*.

NOMBRE COMÚN: Hortensia de invierno.

FAMILIA: Saxifragaceae.

DESCRIPCIÓN: Planta perenne y cepa rizomatosa. Hojas grandes, lustrosas, redondeadas con el borde ondulado y nervios muy marcados. Florece a finales de invierno y principios de primavera. Flores rosas, perfumadas, reunidas en racimos muy densos. Interesante por su floración invernal.



ORIGEN: Siberia y Mongolia.

DIMENSIONES: Puede alcanzar una altura entre los 30-40 cm.

TIPO DE FOLLAJE: Planta perenne. Sus hojas son grandes, lustrosas, redondeadas con el borde ondulado y nervios muy marcados.

FLORACIÓN: Florece en los meses de final de invierno y principios de primavera. Sus flores son de color rosa, perfumadas, reunidas den racimos muy densos.

EXPOSICIÓN: Semisombra, puede estar al sol si el terreno es suficientemente húmedo.

FRAGANCIA: Si.

RIEGO: Regular.

TEMPERATURA: Hasta los -25 °C, muy rustica.

OBSERVACIONES:

3.31 AJUGA REPTANS

CODIGO: 30

NOMBRE CIENTÍFICO: *Ajuga reptans*

NOMBRE COMÚN: Consuelda media

FAMILIA: Lamiaceae.

DESCRIPCIÓN: Planta herbácea y perenne que se caracteriza por el colorido verde oscuro con tonalidades purpura de sus hojas.



ORIGEN: Originaria de Europa, Norte de África y Suroeste de Asia.

DIMENSIONES: Puede alcanzar una altura máxima de 30 cm y una anchura de más de 1 metro.

TIPO DE FOLLAJE: planta perenne y herbácea. Sus hojas son anchas, ovuladas y de color verde oscuro con posibles tonos color púrpura rojizo.

Suelo: Puede desarrollarse en todo tipo de suelos, aunque los prefiere húmedos, le es indiferente el pH del suelo.

FLORACIÓN: florece en los meses que abarcan desde la primavera hasta el comienzo del otoño. Sus flores son pequeñas espigas erectas de un color azulado, aunque no tienen gran interés ya que esta planta se cultiva como planta de hoja.

EXPOSICIÓN: Semisombra.

FRAGANCIA: No.

RIEGO: Regular.

TEMPERATURA: Hasta los -10 °C.

OBSERVACIONES:

3.32 GLOBULARIA ALYPUM

CODIGO: 31

NOMBRE CIENTÍFICO: *Globularia alypum*.

NOMBRE COMÚN: Corona de rey.

FAMMILIA: Plantaginaceae.

DESCRIPCIÓN: Mata muy ramificada que se reconoce por sus flores reunidas en capítulos de color azul, florece en otoño e invierno, y la encontramos entre las matas de los pinares, a veces en matorrales muy abiertos en áreas secas y calientes. Cuando está en flor no se puede confundir con ninguna otra planta.



ORIGEN: Región mediterránea.

DIMENSIONES: Hasta los 40-50cm de altura.

TIPO DE FOLLAJE: Perenne y compacto.

FLORACIÓN: En otoño- invierno.

EXPOSICIÓN: Sol.

FRAGANCIA: No.

RIEGO: Moderado.

TEMPERATURA: Hasta los 0°C.

OBSERVACIONES:

3.33 LAVANDULA STOECHAS

CODIGO: 32

NOMBRE CIENTÍFICO: *Lavandula stoechas*.

NOMBRE COMÚN: Cantueso.

FAMILIA: Lamiaceae.

DESCRIPCIÓN: Mata densa y amplia de tallos ramificados y erectos. Muy ramificado, con ramas cubiertas de abundantes pelos grises. Hojas lineares con márgenes revolutos. Las flores son de color púrpura, florece entre abril y julio.



ORIGEN: Originaria del Mediterráneo.

DIMENSIONES: Puede alcanzar una altura máxima de 40-70 cm.

TIPO DE FOLLAJE: Planta perenne. Sus hojas son lineares con márgenes revolutos

FLORACIÓN: Florece en los meses de primavera. Sus flores son de color púrpura, florece entre abril y julio, toda la planta desprende un olor fuerte y agradable. Las espigas están coronadas por un penacho de brácteas de color morado.

EXPOSICIÓN: Sol.

FRAGANCIA: Si

RIEGO: Regular a moderado.

TEMPERATURA: Hasta los -10°C.

OBSERVACIONES: Atractiva para las abejas.

3.34 *ACHILLEA CRITHMIFOLIA*

CODIGO: 33

NOMBRE CIENTÍFICO: *Achillea crithmifolia*.

NOMBRE COMÚN: Milhojas.

FAMILIA: Anthemideae.

DESCRIPCIÓN: Planta perenne de la familia asterácea con unas inflorescencias en capítulo de color blanco. Empleada como tapizante.



ORIGEN: Originaria de los Balcanes

DIMENSIONES: Puede alcanzar una altura máxima de 10 cm de altura y una anchura de 40 cm.

TIPO DE FOLLAJE: Planta perenne. Sus hojas son persistentes, grandes y muy recortadas. Poseen un color grisáceo.

FLORACIÓN: florece en los meses de junio y julio. Las flores son de un ligero color blanco.

EXPOSICIÓN: Semisombra, sol.

FRAGANCIA: No.

RIEGO: Moderado.

TEMPERATURA: Hasta los -25 °C, muy rustica.

OBSERVACIONES:

3.35 *LIBERTIA PEREGRINANS GOLD LEA*

CODIGO: 34

NOMBRE CIENTÍFICO: *Libertia peregrinans glod lea.*

NOMBRE COMÚN: Libertia.

FAMILIA: Iridaceae.

DESCRIPCIÓN: Planta perennifolia. No tiene tallo las hojas aparecen de la superficie del suelo. Tornan de verde al rojo y anaranjado.



ORIGEN: Originaria de Nueva Zelanda.

DIMENSIONES: Altura entre los 30-50 cm.

TIPO DE FOLLAJE: planta perenne. Sus hojas son lineares. Las hojas tornan del verde al rojo anaranjado

FLORACIÓN: florece en los meses de primavera. Sus flores son de color blanco

EXPOSICIÓN: Semisombra, sol.

FRAGANCIA: No.

RIEGO: Regular

TEMPERATURA: Hasta los -8°C.

OBSERVACIONES:

3.36 *ERIGERON KRAVINSKIANUS*

CODIGO: 35

NOMBRE CIENTÍFICO: *Erigeron kravinskianus*

NOMBRE COMÚN: Vitadinia.

FAMILIA: Asteraceae.

DESCRIPCIÓN: Planta herbácea y vivaz que forma masas redondeadas de unos 30 cm de altura, con tallos muy ramificados. Periodo de floración muy largo. Hojas estrechas lanceoladas de color verde grisáceo. Flores parecidas a las margaritas al abrir son blancas y luego de color púrpura.



ORIGEN: México.

DIMENSIONES: Puede alcanzar una altura máxima de 20-30 cm.

TIPO DE FOLLAJE: Planta perenne. Sus hojas son estrechas lanceoladas de color verde grisáceo

FLORACIÓN: Florece en los meses de verano-invierno. Sus flores son parecidas a las margaritas, blancas en el momento de abrirse y que después se tornan púrpuras

EXPOSICIÓN: Sol.

FRAGANCIA: No.

RIEGO: Moderado.

TEMPERATURA: Hasta los -10°C, planta muy rustica.

OBSERVACIONES:

3.37 MUHLENBERGIA CAPILLARIS

CODIGO: 36

NOMBRE CIENTÍFICO: *Muhlenbergia capillaris*

NOMBRE COMÚN: Hierba de pelo rosa.

FAMILIA: Poaceae.

DESCRIPCIÓN: Planta herbácea perenne, con un atractivo follaje en verano y flores en otoño. Las hojas y tallos forman un atractivo grupo basal.



ORIGEN: Centro oeste de Estados Unidos.

DIMENSIONES: Altura máxima de 1m.

TIPO DE FOLLAJE: Planta perenne. Sus hojas son finas de color verde oscuro.

FLORACIÓN: Otoño con una floración color rosa.

EXPOSICIÓN: Sol.

FRAGANCIA: No.

RIEGO: Moderado.

TEMPERATURA: Hasta los -25°C, planta muy rustica.

OBSERVACIONES:

3.38 *FESTUCA GLAUCA*

CODIGO: 37

NOMBRE CIENTÍFICO: *Festuca glauca*

NOMBRE COMÚN: Festuca azul.

FAMILIA: Poaceae.

DESCRIPCIÓN: Planta perennifolia que forma densas matas. Hojas acintadas, sus flores aparecen en espiguillas de color azul-violáceo. Resistente a la climatología y terreno.



ORIGEN: Originaria de Europa.

DIMENSIONES: Puede alcanzar una altura máxima de 23 cm

TIPO DE FOLLAJE: Planta perenne. Sus hojas son acintadas de color verde azulado.

FLORACIÓN: Florece en los meses de verano. Sus flores son espigas de color azul-violáceo

EXPOSICIÓN: Sol.

FRAGANCIA: No.

RIEGO: Moderado.

TEMPERATURA: Hasta los -10°C, planta muy rustica.

OBSERVACIONES:

3.39 *ROSMARINUS OFFICINALIS*

CODIGO: 38

NOMBRE CIENTÍFICO: *Rosmarinus officinalis*

NOMBRE COMÚN: Romero.

FAMILIA: Lamiaceae.

DESCRIPCIÓN: Arbusto perennifolio y muy aromático. Hojas firmes, verde oscuras por la haz y blanquecinas por el envés, provistas de abundantes glándulas de esencia. Flores de color azul o violáceo pálidos con los estambres más largos que los pétalos y el labio superior de la corola curvado.



ORIGEN: Zona mediterránea.

DIMENSIONES: Puede alcanzar una altura máxima de 2 metros.

TIPO DE FOLLAJE: Planta perenne. Sus hojas son firmes, verde oscuras por el haz y blanquecinas por el envés, provistas de abundantes glándulas de esencia. Muy aromático.

FLORACIÓN: Florece en los meses de primavera y verano. Sus flores son de color azul o violáceo pálidos con los estambres más largos que los pétalos y el labio superior de la corola curvado.

EXPOSICIÓN: Sol.

FRAGANCIA: Si.

RIEGO: Riego.

TEMPERATURA: Hasta los 0°C, planta rustica.

OBSERVACIONES:

3.40 BETULA ALBA

CODIGO: 39

NOMBRE CIENTÍFICO: *Betula alba*

NOMBRE COMÚN: Abedul.

FAMILIA: Betulaceae.

DESCRIPCIÓN: Árbol de hoja caduca de crecimiento rápido al principio, pero más adelante es más lento. Puede alcanzar los dos metros de alto. Soporta mal la sequedad en el ambiente, resiste bien los fríos invernales.



ORIGEN: Europa y Asia.

DIMENSIONES: Puede alcanzar una altura máxima de 2 metros.

TIPO DE FOLLAJE: Árbol de hoja caduca. Sus hojas son simples, alternas y caedizas de 4 a 6 cm x 3 a 5 cm, cuneiformes o truncadas en la base, agudas en el ápice, dentadas de forma irregular y doblemente aserradas.

FLORACIÓN: Primavera.

EXPOSICIÓN: Sol.

FRAGANCIA: No.

RIEGO: Abundante.

TEMPERATURA: Hasta los -25°C, planta muy rustica

OBSERVACIONES:

3.41 NARCISSUS SP

CODIGO: 40

NOMBRE CIENTÍFICO: *Narcissus sp.*

NOMBRE COMÚN: Narciso.

DESCRIPCIÓN: Planta bulbosa de floración primaveral. Hojas que salen del bulbo largas y estrechas de color verde oscuro. Las flores blancas, amarillas o crema pueden salir en grupo o solitarias, ser erectas o colgantes, sujetas por un largo pedúnculo carnososo.



ORIGEN: Cuenca mediterránea

DIMENSIONES: Puede alcanzar una altura máxima de 30-45 cm

TIPO DE FOLLAJE: Planta caduca. Sus hojas son largas y estrechas de color verde oscuro.

FLORACIÓN: Florece en los meses de primavera. Sus flores son blancas, amarillas o crema pueden salir en grupo o solitarias, ser erectas o colgantes, sujetas por un largo pedúnculo carnososo.

EXPOSICIÓN: Sol, semisombra.

FRAGANCIA: Ligera.

RIEGO: Regular.

TEMPERATURA: Hasta los 0°C, planta rustica.

OBSERVACIONES: Situada en combinación con las especies *Festuca scoparia* (25) y *Ophiopogon japonicum* (9).

ANEJO 7

DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO

ANEJO 7: DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO.

1. BIBLIOGRAFÍA

- Temario de asignatura de Riegos y Diseño avanzado de alta frecuencia por la UPNA. Impartidas por Rafael Giménez Díaz y Miguel Ángel Campo Bescós.

2. DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO

2.1 DIVISIÓN DE LA FACHADA EN SECTORES DE RIEGO.

Debido a las dimensiones de la fachada, se ha procedido a su división en sectores de riego, los cuales presentan los mismos requerimientos de presión y contienen una selección de especies similar.

En la FIGURA 11 adjunta pueden observarse los cuatro sectores en lo que quedará dividido el sistema de riego.

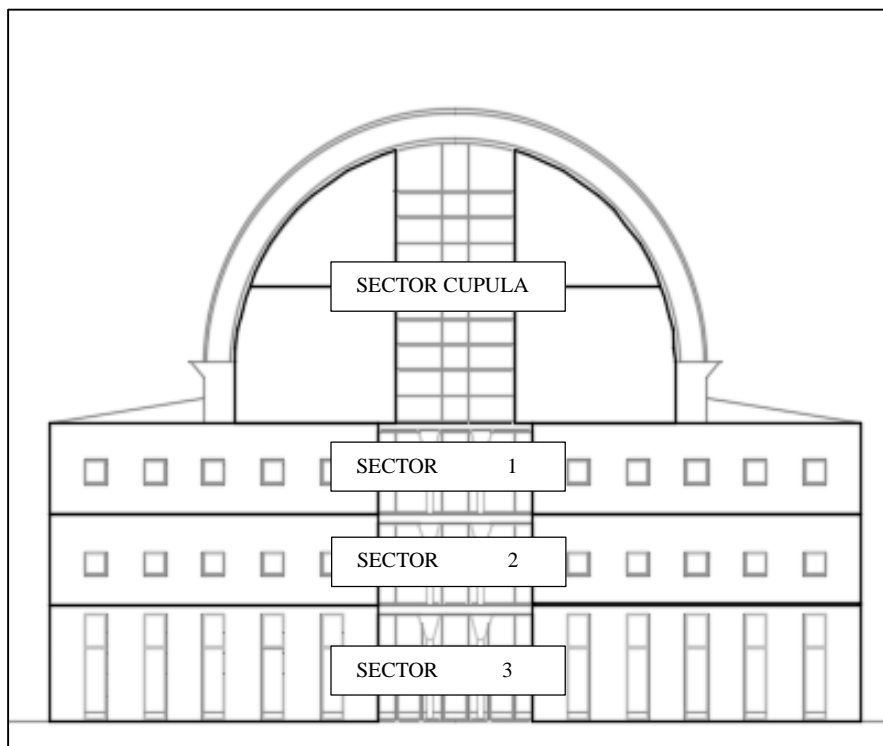


FIGURA 11: División de la fachada en sectores de riego.

2.2 CÁLCULOS

Para la realización de los cálculos se han considerado los datos previos presentado en la TABLA 27, adjunta:

TABLA 27: Datos previos.

DATO	VALOR
Velocidad (v)	2 m/s
Factor de fricción de Darcy adimensional (f)	0.024249
Coefficiente de rugosidad de Manning	0.006

En primer lugar, se ha comenzado a calcular los requerimientos en la zona de la cúpula ya que era la zona más desfavorable.

En primer lugar, se calcularon los caudales (Q) (ec.13) requeridos en cada tramo y para cada sector.

$$.....Q = L * Q_{Tex} \quad (13)$$

Siendo:

L : longitud

Q_{Tex} : El caudal de la tubería exudante.

Posteriormente se han calculado las pérdidas de carga mediante dos procedimientos Manning y Darcy-Weisbach. Si bien finalmente se optó por emplear los datos obtenidos por la ecuación de Darcy, por ajustarse mejor al sistema. Así la ecuación de Darcy-Weisbach para pérdidas de carga (ec.14) es la siguiente:

$$.....hf = 0.0826 * f * \left(\frac{V^2}{D^5}\right) \quad (14)$$

Siendo:

hf : Pérdida de carga.

f : Factor de fricción de Darcy adimensional.

D : Diámetro de la tubería en m.

V : Velocidad media del fluido m/s.

Posteriormente se calculó el diámetro de tubería necesaria para abastecer el sistema.

Finalmente se calculó la presión necesaria al inicio de cada tramo y la más desfavorable del sector, que será la determinante.

Para ello se calculó previamente las pérdidas de carga totales a partir de las pérdidas de carga individuales de cada tramo, la presión mínima necesaria determinada por las características técnicas de la propia tubería seleccionada y el incremento o diferencia de altura entre el punto más bajo y más elevado del tramo.

Calculando las pérdidas de carga totales (ΔH_T) (ec.15) mediante la siguiente expresión:

$$\Delta H_T = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3 + \Delta H_4 = \quad (15)$$

Siendo:

ΔH_T : Pérdidas de carga totales del sector.

$\Delta H_{1,2,3,4}$: Pérdidas de carga específicas de cada tramo.

Posteriormente se calculó la presión al inicio del sector ($P_{nicio \text{ sector}}$) (ec.16) empleando la expresión siguiente:

$$P_{nicio \text{ sector}} = P_{min} + \Delta H_T + \Delta z \quad (16)$$

Siendo:

$P_{nicio \text{ sector}}$: Presión al inicio del sector.

P_{min} : Presión mínima.

ΔH_T : Pérdidas de carga totales del sector.

Δz : Incremento de altura entre el punto más bajo y más alto del sector.

La presión mínima y máxima viene determinadas por las características técnicas de la tubería exudante.

Este proceso ha sido seguido para el caculo de los requerimientos de presión y caudal de cada uno de los sectores.

A continuación, se recogen en tablas los tatos obtenidos para cada sector:

TABLA 28: Cálculos sector cúpula.:

TABLA 28. Cálculos sector cupula...														
ZONA	SECTOR	Número de tramo	Longitud (m)	L/hm (de 4-8)	Q (l/h)	Q (m3/s)	Q acum	h (Darcy)	h (Manning)	Δz	Pmin (m.c.a)	Pmax (m.c.a)	P inicio sector (darcy)	P inicio sector (maning)
CUPULA	C	C.1	5,48	6	32,88	9,13E-06	9,13333E-06	2,72872E-05	1,573E-05	10,4	2,07	10,33	12,47	12,47
		C.2	7,27	6	43,62	1,22E-05	2,12933E-05	0,000196762	0,000113426	7,5	2,07	10,33		
		C.3	8,36	6	50,16	1,39E-05	3,52233E-05	0,000619138	0,000356909	5	2,07	10,33		
		C.4	6,3	6	37,8	1,05E-05	4,57233E-05	0,000786206	0,000453217	2,5	2,07	10,33		
TOTAL TRAMO					164,46	4,57E-05		0,001629394	0,000939282					
			TOTAL CAUDAL	328,92										
			REGAMOS TODO EL SECTOR	l/hm										

TABLA 29: Cálculos sector 1.

ZONA	SECTOR	Número de tramo	Longitud (m)	L/hm (de 4-8)	Q (l/h)	Q (m3/s)	Q acum	h (Darcy)	h (Manning)	Δz	Pmin (m.c.a)	Pmax (m.c.a)	P inicio sector (darcy)	P inicio sector (maning)
TRAMO 1	1	1.1	13,1	6	78,6	2,18E-05	2,18333E-05	0,0003728	0,000214883	1,5	2,07	10,33	3,57	3,57
		1.2	13,1	6	78,6	1,22E-05	3,39933E-05	0,0009036	0,000520894	1,5	2,07	10,33	3,57	3,57
TOTAL TRAMO					157,2	3,4E-05		0,0012764	0,000735777					
			TOTAL CAUDAL REGAMOS TODO EL SECTOR		314,4	l/hm								

TABLA 30: Cálculos sector 2.

TABLA 36: Cálculos sector 2.														
ZONA	SECTOR	Número de tramo	Longitud (m)	L/hm (de 4-8)	Q (l/h)	Q (m3/s)	Q acum	h (Darcy)	h (Manning)	Δz	Pmin (m.c.a)	Pmax (m.c.a)	P inicio sector (darcy)	P inicio sector (maning)
TRAMO 2	2	2.1	13,1	6	78,6	2,18E-05	2,18333E-05	0,000373	0,0002149	1,35	2,07	10,33	3,42	3,42
		2.2	13,1	6	78,6	1,22E-05	3,39933E-05	0,000904	0,0005209	1,35	2,07	10,33	3,42	3,42
TOTAL TRAMO					157,2	3,4E-05		0,001276	0,0007358					
			TOTAL CAUDAL REGAMOS TODO EL		314,4	l/hm								

TABLA 31: Cálculos sector 3.

TABLA 51. Cálculos sector 3.													
ZONA	SECTOR	Número de tramo	Longitud (m)	L/hm (de 4-8)	Q (l/h)	Q (m3/s)	h (Darcy)	h (Manning)	Δz	Pmin (m.c.a)	Pmax (m.c.a)	P inicio sector (darcy)	P inicio sector (maning)
TRAMO 3	3	3.1	30,5	6	183	5,08E-05	0,0047045	0,00271199	4,27	2,07	10,33	6,34	6,34
TOTAL TRAMO					183	5,08E-05	0,0047045	0,00271199					
			TOTAL CAUDAL REGAMOS TODO EL		366	l/hm							

Para el cálculo de la capacidad de ecuación se ha seguido la norma UNE-EN -12056.

En la que se emplea la fórmula de Wyly- Eaton, para el cálculo de la capacidad de la tubería de desagüe (Q_{RWP}) (ec17), que se muestra a continuación:

$$Q_{RWP} = 0.25 * 10^{-3} * Kb^{-0.167} * di^{2.667} * f^{1.667} \dots\dots\dots(17)$$

En donde:

Q_{RWP} : Capacidad de la tubería de desagüe en l/s.

Kb : Rugosidad de la tubería en mm (se asume 0.25 mm).

di : Diámetro interior de la tubería de desagües en mm.

f : Nivel de llenado, proporción de la sección transversal llena de agua, adimensional.

Par los siguientes cálculos se empleará un factor de llenado de $f= 0.33$ que es el que establece la norma como máximo.

TABLA 32: Cálculos tubería primaria.

DIÁMETRO INTERIOR (mm)	CAPACIDAD DE DESAGUE Q_{RWP} (l/s) ($f=0.33$)	l/h
32	0,5	1846,64
50	1,7	6071,58
120	17,4	62708,38
130	21,6	77631,17
140	26,3	94595,99
150	31,6	113706,33
160	37,5	135063,27
170	44,1	158765,64
180	51,4	184910,27
190	59,3	213592,06
200	68,0	244904,21

2.2 CONCLUSIONES

Para surtir de riego los paneles de geotextil se empleará tubería exudante de 16mm, de polietileno de baja densidad.

Esta estará alimentada por una tubería secundaria, en el sector 3, de 16mm, alimentada a su vez por una tubería primaria 32mm polietileno de baja densidad.

El resto de sectores serán alimentados directamente por una tubería primaria de 32mm de polietileno de baja densidad.

Finalmente, las bajantes serán tuberías de polietileno de 32mm. Ambas bajantes desaguaran en una tubería de 32 mm, de polietileno de baja densidad, que comunicará con el depósito de agua situado en el sótano. Aquí se reciclarán todas aguas sobrantes de la fachada y serán empleadas de nuevo en el riego.

En la planta sótano, se encuentra la sala de control de riego formada por:

- Depósito de agua de 1000 litros.

- Tres tanques de fertilizantes de 40 litros, cada uno.
- Dos dosificadores de fertilizantes tipo Venturi.
- Un sistema de filtrado formado por, un filtrado de elementos gruesos del agua que se recibe de las bajantes mediante tamizado. Posteriormente dos filtros de maya de 100 mesh, conectados a la salida del depósito de agua.
- Bomba impulsora.
- Un sensor de Ph
- Un sensor de conductividad eléctrica.
- Un programador de riego con comunicación GPRS.

Universidad Pública de Navarra

Nafarroako Unibertsitate Publikoa

**ESCUELA TECNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS AGRONOMOS
*TEKNIKOA***

***NEKAZARITZAKO INGENIARIEN
GOI MAILAKO ESKOLA***

**PROYECTO DE
JARDÍN VERTICAL EN LA FACHADA NORTE
DE LA BIBLIOTECA DE LA UNIVERSIDAD PÚBLICA DE NAVARRA
CAMPUS DE ARROSADIA PAMPLONA (NAVARRA)**

.....

**REALIZADO COMO TRABAJO FIN DE ESTUDIOS DEL
GRADO EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y DEL MEDIO RURAL
DE LA UNIVERSIDAD PÚBLICA DE NAVARRA**

DOCUMENTO 2

PLANOS

Autora: Beatriz Pérez Braña

Tutor de proyecto: Miguel Ángel Campo Bescós

JUNIO DE 2016

ÍNDICE DE PLANOS

PLANO 1: PLANO GENERAL Y DE SITUACIÓN DEL PROYECTO

PLANO 2: PLANO DE SITUACIÓN ACTUAL

PLANO 3: PLANO DE DISEÑO

PLANO 4: PLANO DE DISTRIBUCIÓN DE LA VEGETACIÓN

PLANO 5: PLANO DE REPLANATEO DE CUADROS Y PERFILES

PLANO 6: PLANO DE DETALLES CONSTRUCTIVOS

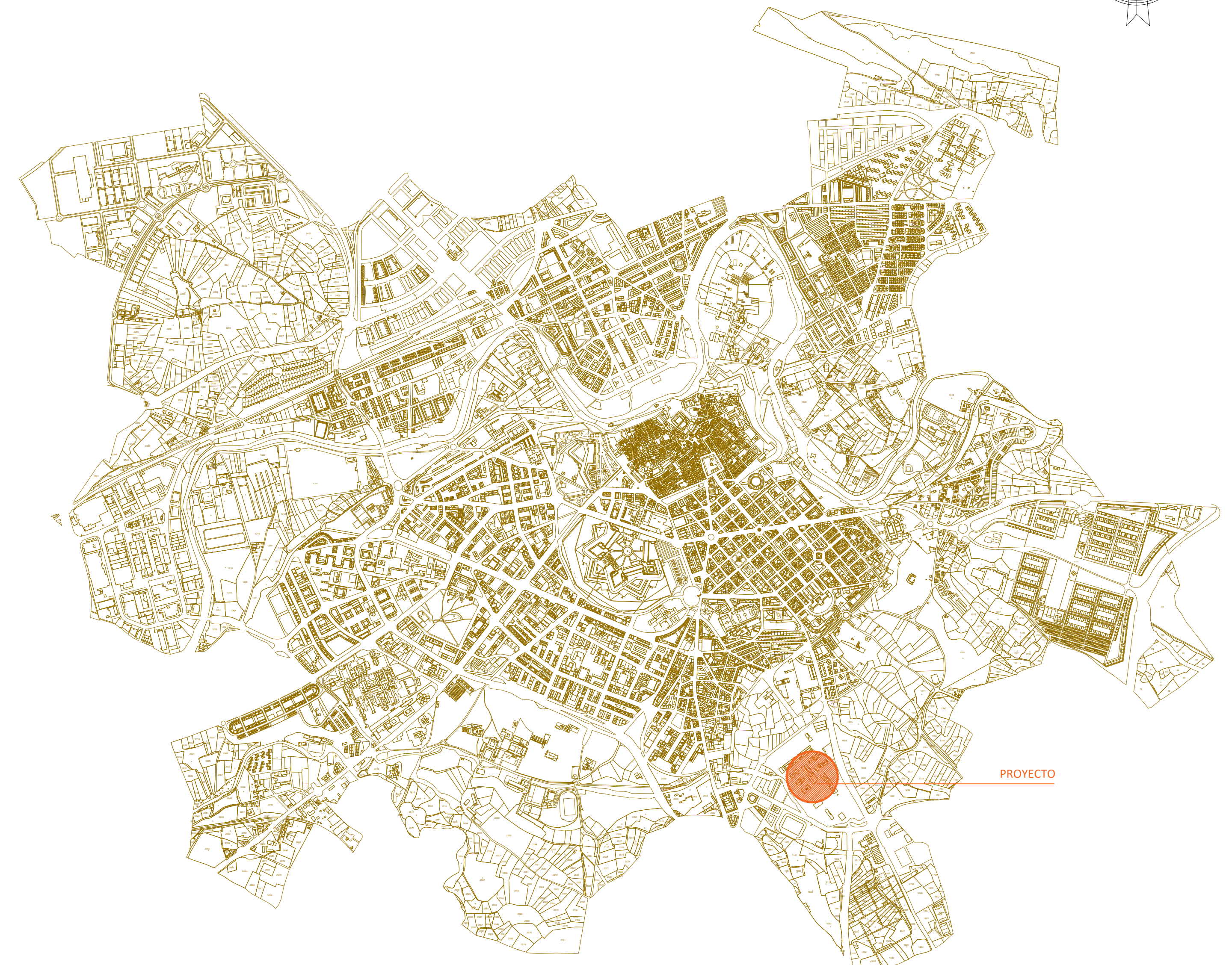
PLANO 7: PLANO DE SISTEMA DE RIEGO Y DESGUE

PLANO 8: PLANO DE SALA DE RIEGO

PLANO 9: PLANO DE INSOLACIÓN



.

ESCALA: 1/200



SCALA: 1/2000



 <div> UNIVERSIDAD PUBLICA DE NAVARRA NAFARROAKO UNIBERTSITATE PUBLIKOA GRADO EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y MEDIO RURAL </div>			
TÍTULO		AUTOR	
JARDÍN VERTICAL EN LA FACHADA NORTE DE LA BIBLIOTECA DE LA UPNA		PÉREZ BRAÑA BEATRIZ	
		FIRMA	
PLANO	Nº PLANO	ESCALA	FECHA
PLANO DE SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO DEL PROYECTO	1	1/2000 - 1/200	24/06/2016

